



Escuela  
Politécnica  
Superior

# Estudio del estándar Passivhaus, aplicación y comparativa con el CTE.



Máster en Gestión de la Edificación

Trabajo Fin de Máster

Autor: **Francisco Fermín Prieto García**

Tutor: **Eduardo Maestre García**



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



## JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El estándar Passivhaus es un estándar de construcción de edificaciones, no sólo residenciales, que establece unos criterios generales de certificación en cuanto a:

- Demanda energética
- Consumo energético.
- Estanqueidad del aire.

Además de otra serie de criterios y recomendaciones constructivas.

No se trata de un estándar de carácter normativo, sino voluntario, que responde a una conciencia social en cuanto a eficiencia energética, que surgió en Alemania de modo experimental en 1991, de la mano de los profesores Bo Adamson<sup>1</sup> y Wolfgang Feist<sup>2</sup>.

El objeto de este Trabajo Fin de Máster es contextualizar el estándar Passivhaus, definirlo, analizarlo, estudiar ejemplos de viviendas Passivhaus certificadas en España y comparar sus exigencias con las del CTE en materia de eficiencia energética.

Se realiza un diseño de vivienda según el estándar Passivhaus, ubicada en Alicante<sup>3</sup>, atendiendo a criterios de arquitectura pasiva así como específicos Passivhaus, y considerando los criterios de certificación.

Los resultados obtenidos del diseño de la vivienda Passivhaus se comparan con los resultados de la misma vivienda realizados con los estándares del actual CTE, comparando diferentes aspectos de ambas soluciones:

- Componentes constructivos.
- Eficiencia energética.
- Coste y tiempo de amortización.
- Emisiones de CO<sub>2</sub>.

Por último, y a partir del estudio y comparativas realizadas, se aportan las conclusiones del trabajo en relación a la aplicación del estándar, así como futuras líneas de investigación que se deriven del estudio realizado.

---

<sup>1</sup> Profesor de la universidad de *Lund University, Suecia*.

<sup>2</sup> Profesor del *Instituto de Edificación y Medio Ambiente, Alemania*. Actual director del *Passivhaus Institut de Darmstadt*.

<sup>3</sup> Esta ubicación se debe a perspectivas profesionales.

## ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>X</b>
<b>ÍNDICE DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....</b>	<b>XII</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>13</b>
<b>2 ESTADO DEL ARTE .....</b>	<b>15</b>
2.1 Contexto histórico de la arquitectura pasiva .....	15
2.1.1 Antigüedad.....	15
2.1.2 Arquitectura popular o vernácula.....	16
2.1.3 Arquitectura moderna – Estilo Internacional .....	18
2.2 Situación actual del parque edificatorio en España en cuanto a eficiencia energética 21	
2.2.1 Número de viviendas totales .....	21
2.2.2 Distribución de viviendas según normativa en materia de eficiencia energética 22	
2.2.3 Tipologías de cerramientos de fachada en función del período normativo....	25
2.2.4 Conclusiones sobre la situación actual del parque edificatorio en España en cuanto a eficiencia energética.....	29
2.3 Cambio climático .....	30
2.3.1 Emisiones de gases de efecto invernadero en España .....	31
2.3.2 Consumos, fuentes de energía y emisiones de GEI del parque edificatorio de España. ....	33
2.4 Estrategias contra el cambio climático.....	36
2.4.1 Estrategias a nivel internacional .....	36
2.4.2 Estrategias a nivel nacional.....	39
2.4.3 Sistemas de certificación medioambiental.....	42
2.4.4 Estándares de construcción certificados .....	43
2.5 Estándar de construcción Passivhaus.....	44
2.5.1 Medidas pasivas en la arquitectura Passivhaus.....	45
2.5.2 Criterios de la arquitectura Passivhaus.....	50
2.5.3 Certificación Passivhaus.....	63
2.5.4 Comparativa Estándar Passivhaus – CTE .....	65
2.5.5 Actualización del estándar Passivhaus al ECCN .....	66
2.5.6 Mapa de viviendas certificadas Passivhaus en España.....	68
2.5.7 Ejemplos de viviendas Passivhaus en España .....	69
2.5.8 Conclusiones sobre el estándar Passivhaus.....	72
<b>3 OBJETIVOS .....</b>	<b>73</b>
<b>4 METODOLOGÍA .....</b>	<b>74</b>
<b>5 CASO DE ESTUDIO .....</b>	<b>76</b>
5.1 Softwares utilizados.....	76



5.2	Ubicación de la vivienda objeto de estudio .....	77
5.3	Diseño de vivienda según estándar Passivhaus .....	78
5.3.1	Descripción arquitectónica de la vivienda .....	79
5.3.2	Componentes de la vivienda Passivhaus .....	86
5.3.3	Criterios de arquitectura pasiva .....	90
5.3.4	Criterios Passivhaus .....	98
5.3.5	Criterios generales de certificación .....	104
5.3.6	Criterios actualizados de certificación .....	147
5.4	Vivienda según disposiciones del CTE .....	149
5.4.1	Componentes de la vivienda según CTE .....	149
5.4.2	Demandas energéticas .....	150
5.4.3	Consumos energéticos.....	154
5.5	Comparativas Passivhaus – CTE.....	166
5.5.1	Componentes.....	166
5.5.2	Demandas energéticas .....	167
5.5.3	Consumos energéticos.....	167
5.5.4	Hermeticidad .....	168
5.5.5	Ventilación .....	169
5.6	Presupuestos, comparativas y tiempos de amortización.....	170
5.6.1	Presupuesto Total – Vivienda CTE .....	170
5.6.2	Presupuesto de componentes CTE .....	171
5.6.3	Presupuesto de elementos comunes a las viviendas Passivhaus y CTE .....	171
5.6.4	Presupuesto de componentes Passivhaus.....	171
5.6.5	Presupuesto Total – Vivienda Passivhaus.....	172
5.6.6	Comparativa de presupuestos totales Passivhaus y CTE.....	172
5.6.7	Comparativa de presupuestos de componentes Passivhaus y CTE.....	174
5.6.8	Tiempos de amortización de la vivienda Passivhaus respecto a la vivienda CTE:	175
5.7	Emisiones de CO2 de las viviendas Passivhaus y CTE.....	188
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>190</b>
6.1	Respecto a los objetivos planteados .....	190
6.2	Respecto a las limitaciones de los softwares empleados.....	191
6.3	Personales .....	192
<b>7</b>	<b>FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>194</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>195</b>
<b>9</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>197</b>
	<b>Anexo-01: Justificaciones vivienda Passivhaus.....</b>	<b>199</b>
	Anexo-01.01: Demanda energética – Vivienda Passivhaus.....	200
	Anexo-01.02: Consumo energético – Vivienda Passivhaus.....	209
	Anexo-01.03: Cumplimiento RITE – Vivienda Passivhaus.....	214
	Anexo-01.04: Cargas térmicas – Vivienda Passivhaus.....	226
	Anexo-01.05: Instalación eléctrica – Vivienda Passivhaus.....	229

Anexo-01.06: Presupuesto de componentes – Vivienda Passivhaus.....	233
<b>Anexo-02: Justificaciones vivienda CTE.....</b>	<b>245</b>
Anexo-02.01: Demanda energética – Vivienda CTE.....	246
Anexo-02.02: Consumo energético – Vivienda CTE.....	256
Anexo-02.03: Calidad del aire interior (HS3) – Vivienda CTE.....	261
Anexo-02.04: Energía solar térmica – Vivienda CTE.....	265
Anexo-02.05: Cumplimiento RITE – Vivienda CTE.....	270
Anexo-02.06: Presupuesto de componentes – Vivienda CTE.....	278
Anexo-02.07: Presupuesto total – Vivienda CTE.....	286
<b>Anexo-03: Planos.....</b>	<b>287</b>
P-01: Planta general.....	288
P-02: Planta baja.....	289
P-03: Planta primera.....	290
P-04: Planta de cubiertas.....	291
P-05: Alzado Sur.....	292
P-06: Alzado Norte.....	293
P-07: Alzado Este.....	294
P-08: Alzado Oeste.....	295
P-09: Sección A-A.....	296
P-10: Sección B-B.....	297

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 2.1. Vivienda típica de la Antigua Grecia .....	16
Fig. 2.2. Hórreo gallego .....	17
Fig. 2.3. Casa cueva de Granada.....	17
Fig. 2.4. Patio andaluz.....	18
Fig. 2.5. Weissenhofsiedlung, Stuttgart. Mies Van der Rohe.....	19
Fig. 2.6. Unite d'Habitation. Le Corbusier. ....	19
Fig. 2.7. Vivienda social, Madrid.....	20
Fig. 2.8 Viviendas por año de construcción.....	22
Fig. 2.9. Viviendas según período normativo de construcción .....	24
Fig. 2.10. Explicación del efecto invernadero.....	30
Fig. 2.11. Evolución de las emisiones de GEI tomando como referencia el primer año de la serie (1990) .....	32
Fig. 2.12. Distribución anual de las emisiones de GEI por grupo de actividad y detalle para el año 2015.....	32
Fig. 2.13. Distribución anual de las emisiones de GEI por gas y detalle para el año 2015.....	33
Fig. 2.14. Estructura de consumo según usos energéticos del sector inmobiliario en España.....	34
Fig. 2.15. Estructura de consumos según fuentes energéticas en el sector residencial .....	35
Fig. 2.16. Tríada de Sostenibilidad.....	42
Fig. 2.17. Primer edificio Passivhaus, Darmstadt, 1991. ....	45

Fig. 2.18. Esquema de funcionamiento de un voladizo orientado a sur. ....	46
Fig. 2.19. Ejemplos de protección solar para orientaciones Este y Oeste.....	47
Fig. 2.20. Elementos vegetales de protección solar sur. ....	47
Fig. 2.21. Parra como elemento de protección solar. ....	48
Fig. 2.22. Elementos vegetales de protección solar este/oeste.....	48
Fig. 2.23. Criterios de la arquitectura Passivhaus. ....	51
Fig. 2.24. Criterio de aislamiento térmico en Passivhaus.....	51
Fig. 2.25. Criterio de inercia térmica en Passivhaus.....	52
Fig. 2.26. Amortiguación de onda y desfase de onda .....	53
Fig. 2.27. Criterio de ausencia de puentes térmicos en Passivhaus.....	54
Fig. 2.28. Criterio de alta calidad de puertas y ventanas en Passivhaus .....	56
Fig. 2.29. Perfil Eutorr 92, certificado Passivhaus .....	57
Fig. 2.30. Criterio de hermeticidad en Passivhaus .....	58
Fig. 2.31. Test Blower-Door .....	59
Fig. 2.32. Criterio ventilación con recuperador de calor en Passivhaus .....	60
2.33. Esquema de recuperador de calor .....	61
Fig. 2.34. Criterio de ventilación natural cruzada en Passivhaus .....	62
Fig. 2.35. Distribución de edificios certificados Passivhaus en España .....	68
Fig. 2.36. Villa Moraira, ejemplo Passivhaus. ....	69
Fig. 2.37. Vivienda Castelldefels, ejemplo Passivhaus. ....	70
Fig. 2.38. Casa Sol y Viento, ejemplo Passivhaus. ....	71
Fig. 5.1. Ubicación de la vivienda Passivhaus: Alicante ciudad .....	77
Fig. 5.2. Planta general de la vivienda.....	79
Fig. 5.3. Infografía 3D- 1 .....	80
Fig. 5.4. Infografía 3D-2 .....	80
Fig. 5.5. Planta baja .....	81
Fig. 5.6. Planta primera .....	81
Fig. 5.7. Planta de cubiertas .....	82
Fig. 5.8. Alzado Norte .....	82
Fig. 5.9. Alzado Sur .....	83
Fig. 5.10. Alzado Este.....	83
Fig. 5.11. Alzado Oeste .....	84
Fig. 5.12. Sección por escalera .....	84
Fig. 5.13. Sección por cocina y comedor .....	85
Fig. 5.14. Criterios de certificación Passivhaus actualizados al ECCN .....	90
Fig. 5.15. Modelización de la vivienda en Cypecad Mep.....	91
Fig. 5.16. Estudio solar fachada Sur. Invierno, 22 Diciembre, 12 horas .....	91
Fig. 5.17. Estudio solar fachada Sur. Primavera, 22 Marzo, 12 horas .....	92
Fig. 5.18. Estudio solar fachada Sur. Verano, 22 Junio, 12 horas.....	92
Fig. 5.19. Estudio solar fachada Sur. Otoño, 22 Septiembre, 12 horas.....	93
Fig. 5.20. Fachadas Este y Oeste .....	93
Fig. 5.21. Fachada Norte.....	94
Fig. 5.22. Reflectividad del mortero acrílico blanco en relación a otros materiales.....	97

Fig. 5.23. Aislamiento térmico de la envolvente.....	98
Fig. 5.24. Regla del Rotulador. Plantas.....	99
Fig. 5.25. Regla del Rotulador. Secciones.....	99
Fig. 5.26. Ventilación cruzada. Plantas.....	100
Fig. 5.27. Recuperador de calor.....	103
Fig. 5.28. Instalación de ventilación y climatización con recuperador de calor.....	103
5.29. Condiciones climáticas de la ciudad de Alicante.....	105
Fig. 5.30. Definición del tipo de edificio.....	105
5.31. Definición de datos generales DBHE-1. Vivienda Passivhaus.....	106
Fig. 5.32. Definición de plantas. Vivienda Passivhaus.....	107
Fig. 5.33. Definición de puentes térmicos. Vivienda Passivhaus.....	107
Fig. 5.34. Introducción de plantillas dwg. Vivienda Passivhaus.....	108
Fig. 5.35. Creación de fachada. Vivienda Passivhaus.....	108
Fig. 5.36. Creación de cubierta. Vivienda Passivhaus.....	109
Fig. 5.37. Creación de forjado volado. Vivienda Passivhaus.....	109
Fig. 5.38: Creación de solera. Vivienda Passivhaus.....	110
Fig. 5.39. Selección de materiales. Vivienda Passivhaus.....	110
Fig. 5.40. Definición de ventanal oeste-1. Vivienda Passivhaus.....	111
Fig. 5.41. Definición de ventanal oeste-2. Vivienda Passivhaus.....	111
Fig. 5.42. Definición de vidrio del ventanal oeste. Vivienda Passivhaus.....	112
Fig. 5.43. Definición de carpintería de ventanal oeste. Vivienda Passivhaus.....	112
Fig. 5.44. Definición de accesorios de ventanal oeste. Vivienda Passivhaus.....	113
Fig. 5.45. Definición del ventanal sur del dormitorio principal-1. Vivienda Passivhaus.....	113
Fig. 5.46. Definición del ventanal sur del dormitorio principal-2. Vivienda Passivhaus.....	114
Fig. 5.47. Definición de vidrio sur del dormitorio principal. Vivienda Passivhaus.....	114
Fig. 5.48. Definición de carpintería sur del dormitorio principal. Vivienda Passivhaus.....	115
Fig. 5.49. Definición de elemento sombra sur de dormitorio principal. Vivienda Passivhaus....	115
Fig. 5.50. Definición de puerta de acceso. Vivienda Passivhaus.....	116
Fig. 5.51. Características de puerta de acceso. Vivienda Passivhaus.....	116
Fig. 5.52. Definición de tabiquería interior. Vivienda Passivhaus.....	117
Fig. 5.53. Definición de puerta interior de paso. Vivienda Passivhaus.....	117
Fig. 5.54. Modelización de la vivienda. Vivienda Passivhaus.....	118
Fig. 5.55. Definición del recinto del dormitorio principal. Vivienda Passivhaus.....	119
Fig. 5.56. Definición higrotérmica del recinto del dormitorio principal. Vivienda Passivhaus....	119
Fig. 5.57. Definición de ocupación del recinto dormitorio principal. Vivienda Passivhaus.....	120
Fig. 5.58. Definición de ventilación del recinto dormitorio principal. Vivienda Passivhaus.....	120
Fig. 5.59. Resultado demanda energética de calefacción y refrigeración. Vivienda Passivhaus	121
Fig. 5.60. Asignación de cargas de calefacción y refrigeración de 10W/m <sup>2</sup> .....	126
Fig. 5.61. Instalación de ventilación y climatización, vista 3D-1. Vivienda Passivhaus.....	127
Fig. 5.62. Instalación de ventilación y climatización, vista 3D-2. Vivienda Passivhaus.....	128
Fig. 5.63. Instalación de ventilación y climatización, planta baja. Vivienda Passivhaus.....	128
Fig. 5.64. Instalación de ventilación y climatización, planta primera. Vivienda Passivhaus.....	129
Fig. 5.65. Instalación de ventilación y climatización, planta cubierta. Vivienda Passivhaus.....	129

Fig. 5.66. Modelo bomba de calor para ACS AQ180, compacta. Vivienda Passivhaus .....	131
Fig. 5.67. Ficha técnica bomba de calor para ACS, AQ110. Vivienda Passivhaus.....	131
Fig. 5.68. Esquema instalación fotovoltaica con batería y conexión a red .....	133
Fig. 5.69. Información fotovoltaica Alicante-1 .....	134
Fig. 5.70. Información fotovoltaica Alicante-2 .....	134
Fig. 5.71. Paneles fotovoltaicos en cubierta. Vivienda Passivhaus .....	135
Fig. 5.72. Kit solar 5000VA 48V .....	136
Fig. 5.73. Introducción datos generales DBHE-0. Vivienda Passivhaus.....	139
Fig. 5.74. Definición de sistema de consumo energético. Vivienda Passivhaus .....	139
Fig. 5.75. Definición de equipo-1. Bomba de calor ACS. Vivienda Passivhaus.....	140
Fig. 5.76. Calificación energética de equipos y rendimientos SEER y SCOP .....	141
Fig. 5.77. Condiciones de trabajo del fancoil. Vivienda Passivhaus .....	142
Fig. 5.78. Definición de equipo-2. Fancoil. Vivienda Passivhaus .....	142
Fig. 5.79. Definición de equipo-3. Bomba de calor. Vivienda Passivhaus .....	143
Fig. 5.80. Resultado del consumo de energía primaria no renovable. Vivienda Passivhaus .....	143
Fig. 5.81. Descripción de los sistemas de aporte. Cypecad Mep .....	144
Fig. 5.82. Factores de conversión de energía final a no renovable. Cypecad Mep.....	144
Fig. 5.83. Criterios actualizados de certificación Passivhaus (2015) .....	147
Fig. 5.84. Comparativa paneles fotovoltaicos dispuestos y los requeridos para obtener categoría Plus .....	148
Fig. 5.85. Definición de datos generales. Vivienda CTE.....	151
Fig. 5.86. Definición de puentes térmicos. Vivienda CTE .....	151
Fig. 5.87. Creación de fachada. Vivienda CTE.....	152
Fig. 5.88. Definición de carpintería. Vivienda CTE.....	152
Fig. 5.89. Definición de vidrio Sur. Vivienda CTE.....	153
Fig. 5.90. Definición de vidrio Norte, Este y Oeste. Vivienda CTE .....	153
Fig. 5.91. Resultado demanda energética de calefacción y refrigeración. Vivienda CTE.....	154
Fig. 5.92. Definición datos general DBHS-3. Vivienda CTE .....	155
Fig. 5.93. Cálculo ventilación DBHS-3, planta baja. Vivienda CTE .....	156
Fig. 5.94. Cálculo ventilación DBHS-3, planta primera. Vivienda CTE .....	156
Fig. 5.95. Cálculo ventilación DBHS-3, planta primera. Vivienda CTE .....	157
Fig. 5.96. Sistema de ventilación de la vivienda, 3D. Vivienda CTE.....	157
Fig. 5.97. Equipo para ventilación mecánica. Vivienda CTE .....	158
Fig. 5.98. Sistema de climatización multi-split. Vivienda CTE .....	158
Fig. 5.99. Equipo de climatización. Vivienda CTE .....	159
Fig. 5.100. Instalación placas solares para ACS. Vivienda CTE .....	160
Fig. 5.101. Equipo de producción de ACS. Vivienda CTE .....	160
Fig. 5.102. Introducción de datos generales DBHE-0. Vivienda CTE .....	161
Fig. 5.103. Definición sistema de consumo energético. Vivienda CTE.....	162
Fig. 5.104. Definición de equipo-1. Termo eléctrico. Vivienda CTE .....	162
Fig. 5.105. Definición de equipo-2. Splits dormitorios y estudio. Vivienda CTE .....	163
Fig. 5.106. Definición de equipo-3. Split estar-comedor. Vivienda CTE.....	163
Fig. 5.107. Definición de equipo-4. Bomba de calor. Vivienda CTE .....	163

Fig. 5.108. Resultado del consumo de energía primaria no renovable. Vivienda CTE.....	164
Fig. 5.109. Descripción de los sistemas de aporte. Vivienda CTE.....	164
Fig. 5.110. Consumos energéticos de la vivienda CTE.....	165
Fig. 5.111. Presupuesto de componentes Passivhaus y CTE respecto a elementos comunes....	173
Fig. 5.112. Porcentajes de componentes específicos y comunes en presupuestos totales.....	173
Fig. 5.113. Sobrecoste Passivhaus .....	174
Fig. 5.114. Precio del Kwh para luz en marzo de 2017.....	176
Fig. 5.115. Factura media mensual de usuario medio, España .....	176
Fig. 5.116. Tiempos de amortización vivienda Passivhaus.....	186
Fig. 5.117. Emisiones CO2/año y modalidad de vivienda.....	189

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Viviendas según tipo y año de construcción .....	21
Tabla 2.2. Viviendas según tipo y período normativo de construcción .....	24
Tabla 2.3. Tipología de cerramientos y transmitancias térmicas en cada período normativo.....	28
Tabla 2.4. Emisiones totales brutas de gases de efecto invernadero (kt CO2 eq).....	31
Tabla 2.5. Desagregación según consumo térmico y eléctrico del sector residencial en España. 34	
Tabla 2.6. Evolución de la normativa española en materia de eficiencia energética. ....	41
Tabla 2.7. Compacidades para un mismo volumen y distinta forma.....	49
Tabla 2.8. Reflectividad media de diferentes materiales.....	50
Tabla 2.9. Criterios generales de certificación Passivhaus.....	63
Tabla 2.10. Criterios generales de certificación Passivhaus y otros condicionantes .....	64
Tabla 2.11. Comparativa criterios Passivhaus – CTE .....	65
Tabla 2.12. Criterios actualizados de certificación Passivhaus (2015) .....	67
Tabla 5.1. Superficies útiles.....	85
Tabla 5.2. Superficies construidas.....	86
Tabla 5.3. Componentes de la vivienda Passivhaus .....	86
Tabla 5.4. Bomba de calor ACS Vs Solar con apoyo de termo eléctrico .....	88
Tabla 5.5. Coeficientes de paso de energía final a primaria .....	89
Tabla 5.6. Factores de emisión de CO2 .....	89
Tabla 5.7. Superficie de envolvente (m <sup>2</sup> ) .....	95
Tabla 5.8. Volumen edificado (m <sup>3</sup> ).....	95
Tabla 5.9. Compacidad de la vivienda en relación a diferentes configuraciones volumétricas.....	96
Tabla 5.10. Carpintería de madera Vs carpintería de aluminio .....	101
Tabla 5.11. Demandas de calefacción y refrigeración. Vivienda Passivhaus .....	122
Tabla 5.12. Cargas de calefacción y refrigeración-1.....	123
Tabla 5.13. Cargas de calefacción y refrigeración-2.....	124
Tabla 5.14. Cargas de calefacción y refrigeración-3.....	124
Tabla 5.15. Comparativa entre demandas y cargas de calefacción y refrigeración de diferentes viviendas Passivhaus .....	125
Tabla 5.16. Valores de carga de calefacción y refrigeración adoptados.....	126

Tabla 5.17. Demandas energéticas y equipos. Vivienda Passivhaus.....	127
Tabla 5.18. Equipos para climatización y ventilación. Vivienda Passivhaus .....	130
Tabla 5.19. Equipo para producción de ACS mediante bomba de calor. Vivienda Passivhaus....	132
Tabla 5.20. Consumo medio por servicio y hogar .....	132
Tabla 5.21. Demanda de electricidad doméstica y auxiliar estimada .....	133
Tabla 5.22. Equipo de producción de energía solar fotovoltaica. Vivienda Passivhaus .....	136
Tabla 5.23. Demanda eléctrica a la red. Vivienda Passivhaus.....	137
Tabla 5.24. Consumos energéticos de la vivienda Passivhaus .....	146
Tabla 5.25. Componentes de la vivienda según CTE.....	149
Tabla 5.26. Demandas de calefacción y refrigeración. Vivienda CTE.....	154
Tabla 5.27. Demandas energéticas y equipos. Vivienda CTE .....	155
Tabla 5.28. Comparativa entre componentes de las viviendas Passivhaus y CTE .....	166
Tabla 5.29. Comparativa entre las demandas de las viviendas Passivhaus y CTE .....	167
Tabla 5.30. Comparativa entre consumos de las viviendas Passivhaus y CTE (Sin instalación fotovoltaica) .....	167
Tabla 5.31. Comparativa entre consumos de las viviendas Passivhaus y CTE (Con instalación fotovoltaica) .....	168
Tabla 5.32. Comparativa entre hermeticidades de las viviendas Passivhaus y CTE .....	168
Tabla 5.33. Comparativa entre ventilaciones de las viviendas Passivhaus y CTE .....	169
Tabla 5.34. Presupuesto Total – Vivienda CTE (PEM) .....	170
Tabla 5.35. Presupuesto componentes CTE (PEM) .....	171
Tabla 5.36. Presupuesto elementos comunes – Passivhaus y CTE (PEM).....	171
Tabla 5.37. Presupuesto componentes Passivhaus (PEM).....	172
Tabla 5.38. Presupuesto Total – Vivienda Passivhaus (PEM).....	172
Tabla 5.39. Comparativa de presupuestos Passivhaus y CTE (PEM).....	172
Tabla 5.40. Comparativa de presupuestos de componentes Passivhaus y CTE.....	174
Tabla 5.41. Presupuesto PEC viv. Passivhaus sin instalación fotovoltaica y sin certificación .....	177
Tabla 5.42. Presupuesto PEC vivienda CTE .....	178
Tabla 5.43. Tiempo de amortización de la viv. Passivhaus sin instalación fotovoltaica y sin certificación.....	179
Tabla 5.44. Presupuesto PEC viv. Passivhaus sin instalación fotovoltaica y con certificación.....	180
Tabla 5.45. Tiempo de amortización de la viv. Passivhaus sin instalación fotovoltaica y con certificación.....	181
Tabla 5.46. Presupuesto PEC viv. Passivhaus con instalación fotovoltaica y sin certificación.....	182
Tabla 5.47. Tiempo de amortización de la viv. Passivhaus con instalación fotovoltaica y sin certificación.....	183
Tabla 5.48. Presupuesto PEC viv. Passivhaus con instalación fotovoltaica y con certificación ...	184
Tabla 5.49. Tiempo de amortización de la viv. Passivhaus con instalación fotovoltaica y con certificación.....	185



## ÍNDICE DE SIGLAS Y ACRÓNIMOS

**ACS:** Agua caliente sanitaria.

**BREEAM:** Building Research Establishment Environmental Assessment Method. Sistema de certificación medioambiental de Reino Unido.

**CMNUCC:** Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático.

**COP:** Coefficient of performance.

**CTE:** Código Técnico de la Edificación.

**DGNB:** Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen. Sistema de certificación medioambiental alemán.

**ECCN:** Edificio de consumo casi nulo.

**EER:** Energy Efficiency Ratio

**GBCE-VERDE:** Green Building Council España. Sistema de certificación medioambiental español.

**GEI:** Gases de efecto invernadero.

**HQE:** Haute Qualité Environnementale – Alta Calidad Medioambiental. Sistema de certificación medioambiental francés.

**HULC:** Herramienta Unificada Lider-Calener

**IDAE:** Instituto de la Diversificación y Ahorro de Energía. Organismo adscrito al Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital.

**IPCC:** Intergovernmental Panel on Climate Change.

**INE:** Instituto Nacional de Estadística.

**ISO:** International Organization for Standardization.

**IVA:** Impuesto sobre el valor añadido.

**LEED:** Leadership in Energy & Environmental Design. Sistema de certificación medioambiental americano.

**NZEB:** Nearly Zero Energy Building.

**PEM:** Presupuesto de ejecución material.

**PEC:** Presupuesto de ejecución por contrata.

**PHPP:** Passive House Planning Package

**RD:** Real Decreto.

**RITE:** Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

**SATE:** Sistema de aislamiento térmico exterior.

**SCOP:** Seasonal Coefficient of Performance

**SEER:** Seasonal Energy Efficiency ratio

**U:** Transmitancia térmica expresada en  $Kcal/(h \cdot m^2 \cdot ^\circ C)$



## 1 INTRODUCCIÓN

El cambio climático es un tema de interés social, en torno al cual se está creando una conciencia generalizada. Como está quedando comprobado en los últimos años, el calentamiento global del planeta es una realidad, y en la mano del hombre está que se pueda enderezar esta situación para que las futuras generaciones puedan seguir gozando de un planeta en las mismas condiciones que lo hemos conocido los hoy en día presentes.

Es por tanto todo un reto que las sociedades presentes debemos afrontar, a través de diferentes iniciativas de carácter mundial, continental, nacional y por último personal.

En 1997 tuvo lugar el Protocolo de Kioto, que supuso un compromiso por parte de los países industrializados de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero.

El sector inmobiliario ostenta gran parte de responsabilidad en cuanto a la emisión de estos gases, tanto como resultado del proceso de construcción como, fundamentalmente, de funcionamiento del mismo. De hecho, el 40% de energía primaria que se consume en Europa se destina a calefacción y electricidad de los edificios, con su respectiva emisión de gases de efecto invernadero.

El compromiso adoptado por los países industrializados en Kioto ha dado lugar a Directrices Europeas que se plasman en normativas nacionales, y concretamente en España en el CTE.

Además de las estrategias de carácter internacional y nacional en forma de directivas y normativas, aparecen una serie de estrategias de carácter voluntario ligadas a criterios de sostenibilidad medioambiental y eficiencia energética, como son:

- Certificaciones medioambientales: LEED, BREEAM, HQE, DGNB, GBCE-VERDE.
- Estándares de construcción: Passivhaus, Effinergie, Casaclima, Minergie-ECO.

Dentro de este contexto, y como consecuencia de la alarma social por el cambio climático y la implantación de estrategias en cuanto a eficiencia energética, tanto normativas como voluntarias, se está creando una conciencia social al respecto de la importancia del concepto de *eficiencia energética*.

Es a partir de la conciencia social, así como de la posibilidad de ahorro económico, donde las certificaciones medioambientales así como los estándares de construcción empiezan a ser considerados dentro de la sociedad y a constituir un nicho importante dentro del mercado inmobiliario.

Las certificaciones medioambientales tienen gran aceptación dentro de empresas interesadas en ofrecer una imagen de modernidad y compromiso con el medio ambiente.

El estándar Passivhaus, como uno de los máximos representantes de los estándares de construcción, goza de gran aceptación en cuanto a edificación residencial se refiere, si bien se puede aplicar a cualquier uso edificatorio, por motivos de conciencia medioambiental así como de ahorro energético y por tanto económico.

La vivienda Passivhaus es una vivienda de muy baja demanda y consumo energético, de gran estanqueidad y donde el recuperador de calor es un elemento fundamental de la misma. Se crean así viviendas de elevado nivel de confort, donde apenas se requiere el funcionamiento de equipos de aire acondicionado ni la apertura de ventanas para ventilar debido a la gran calidad del aire interior.

A lo largo de este Trabajo Fin de Máster se analizará a fondo el contexto del estándar Passivhaus, sus características, se estudiarán ejemplos de viviendas construidas según el estándar, y a partir del diseño de una vivienda dentro de los parámetros Passivhaus se realizarán comparativas con la misma vivienda realizada según las disposiciones del CTE en cuanto a sistemas constructivos, instalaciones, precios, tiempos de amortización y emisiones de CO<sub>2</sub>.

## 2 ESTADO DEL ARTE

### 2.1 Contexto histórico de la arquitectura pasiva

Antes de comenzar con la exposición del contexto histórico de la arquitectura pasiva, es preciso definir el concepto de la misma, así como el concepto de arquitectura bioclimática y su relación con la primera.

La arquitectura pasiva se define como *“aquella que se adapta a las condiciones climáticas de su entorno”*. (Wassouf, De la casa pasiva al estándar Passivhaus, 2014, pág. 7). Se basa en criterios basados en la experiencia de la arquitectura tradicional, y pretende el confort higrotérmico de las edificaciones a partir de su propia configuración arquitectónica.

Por otro lado, la arquitectura bioclimática es *“aquella que tiene en cuenta el clima y las condiciones del entorno para ayudar a conseguir el confort higrotérmico interior y exterior. Involucra y juega –exclusivamente– con el diseño y los elementos arquitectónicos, sin utilizar sistemas mecánicos (los que son considerados sólo como sistemas de apoyo)”*. (Garzón, 2007, pág. 15) .

Por tanto, y según se desprende de las dos definiciones anteriores, arquitectura pasiva y arquitectura bioclimática son conceptos sinónimos o muy íntimamente ligados, que hacen referencia a arquitecturas adaptadas al medio en que se ubican para conseguir confort higrotérmico haciendo el menor uso posible de sistemas de climatización.

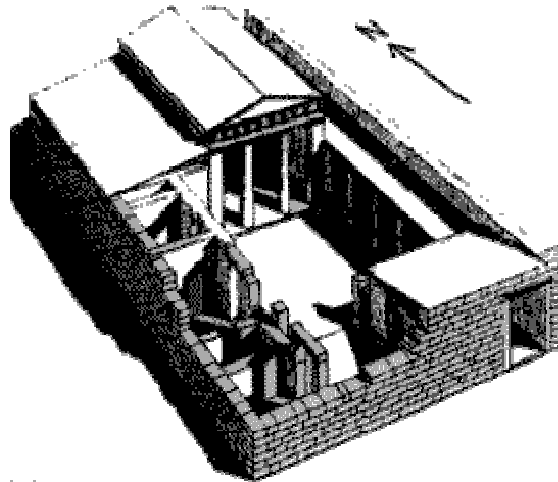
#### 2.1.1 Antigüedad

La arquitectura pasiva ha estado presente desde la Antigüedad. De hecho, célebres filósofos tales como Sócrates y Aristóteles hicieron sus aportaciones a este tipo de arquitectura, según se describe a continuación:

-Sócrates (470 a 399 a. C.) escribió:

*“...en las casas orientadas al sur, el sol penetra por el pórtico en invierno, mientras que en verano el arco solar descrito se eleva sobre nuestras cabezas y por encima del tejado, de manera que hay sombra...”*. (Hernández, 2014).

Esta observación de Sócrates puede apreciarse en la siguiente imagen.



**Fig. 2.1. Vivienda típica de la Antigua Grecia**

*Fuente: Internet.*

-Aristóteles (384-322 a.c), por su parte, plantearía una cuestión similar:

*“Resguardarse del frío norte y aprovechar el calor del sol es una forma moderna y civilizada”.* (Hernández, 2014).

-Más tarde sería Marco Vitruvio Polión (80-70 a 15 a.c.) , arquitecto y tratadista romano, autor del primer tratado de arquitectura, *Los Diez Libros de Arquitectura*, escribiría:

*“Los edificios privados estarán correctamente ubicados si se tiene en cuenta, en primer lugar, la latitud y la orientación donde van a levantarse. Muy distinta es la forma de construir en Egipto, en España, en el Ponto, en Roma e igualmente en regiones o tierras que ofrecen características diferentes (...)se debe orientar la disposición de los edificios, atendiendo a las peculiaridades de cada región y a las diferencias del clima. Parece conveniente que los edificios sean abovedados en los países del norte, cerrados mejor que descubiertos y siempre orientados hacia las partes más cálidas. Por el contrario, en países meridionales, castigados por un sol abrasador, los edificios deben ser abiertos y orientados hacia el cierzo”.*

### **2.1.2 Arquitectura popular o vernácula**

La arquitectura popular o vernácula refleja el conocimiento empírico transmitido de generación en generación en cuanto a técnicas constructivas se refiere, sacando el mayor partido a los recursos existentes de una localización concreta .

Se trata, por tanto, de arquitecturas adaptadas a situaciones geográficas con condiciones climáticas específicas, y por tanto no extrapolables a otros lugares con condiciones diferentes.

A continuación ejemplos de arquitectura popular española:

-*El hórreo gallego* (Fig. 2.2): Construcción para el almacenamiento de alimentos. Se eleva del suelo apoyándose sobre pilares de piedra para proteger la materia almacenada de la humedad.



**Fig. 2.2. Hórreo gallego**

*Fuente: Internet*

-*La casa cueva de Granada* (Fig. 2.3): Claro ejemplo de arquitectura bioclimática, en una localización con temperaturas extremas entre verano e invierno, se consigue una temperatura interior casi constante a partir de la inercia térmica del subsuelo.



**Fig. 2.3. Casa cueva de Granada**

*Fuente: Internet*

-*El patio andaluz* (Fig. 2.4): A partir de una configuración de patio interior cerrada, en ocasiones de tipo claustral, en que la sombra es abundante, se dota al espacio de abundante vegetación y elementos de agua tales como fuentes para refrescar el ambiente.



**Fig. 2.4. Patio andaluz**

*Fuente: Internet*

### **2.1.3 Arquitectura moderna – Estilo Internacional**

Los principios arquitectónicos referentes a bioclimatismo que se fueron forjando en la antigüedad tomaron su poso en las arquitecturas populares de cada localización geográfica del planeta, dando lugar a diferencias tipológicas en función de las condiciones climáticas existentes.

No obstante, diversos acontecimientos produjeron un punto de inflexión en esta tendencia a la diferenciación y en cierto modo especialización de las diferentes arquitecturas a sus medios:

- Los booms poblacionales, como el de España en los años 60, requirieron la construcción de vivienda social y masiva, industrializada y estandarizada, que diese cobijo a esta creciente población.

- El estilo vanguardista en arquitectura conocido como *Estilo Internacional*, de la década de 1930 originado en Europa, se impuso como modelo a seguir en esta construcción masiva de vivienda, dando lugar a una arquitectura unitaria más allá de las fronteras, con un estilo común a cualquier localización. (González Couret)

Este Estilo Internacional pretendía una ruptura con los estilos tradicionales imperantes en la época, mediante una arquitectura despojada de cualquier ornamento, seriada e industrializada, compositivamente basada en la ortogonalidad y la asimetría compensada, y que aprovechara todo el potencial de nuevos materiales como el hormigón armado para crear grandes espacios y voladizos, así como la apertura de grandes huecos en fachada como consecuencia de la liberación de la misma como elemento estructural.

Algunos de los arquitectos paradigmáticos del Estilo Internacional tuvieron un fuerte compromiso en torno a la arquitectura bioclimática. De hecho, Le Corbusier, arquitecto



suizo nacionalizado francés, creador del *Modulor*<sup>4</sup> y los *5 puntos de la arquitectura*<sup>5</sup>, durante los años 30 realizó toda una serie de investigaciones relacionadas con las orientaciones solares y la relación de la arquitectura y su entorno, lo cual deja intuir su compromiso con la arquitectura bioclimática que trataba de combinar con los postulados propios del Estilo Internacional sobre los cuales tuvo tanta repercusión. (Hernández, 2014).

Se realizaron así edificios emblemáticos del diseño arquitectónico vinculados a la vivienda masiva y social como la *Weissenhofsiedlung de Mies Van der Rohe* (Fig. 2.5), o la *Unite d'Habitation de Le Corbusier* (Fig. 2.6).



**Fig. 2.5. Weissenhofsiedlung, Stuttgart. Mies Van der Rohe.**

*Fuente: Internet*



**Fig. 2.6. Unite d'Habitation. Le Corbusier.**

*Fuente: internet*

---

<sup>4</sup> Sistema de medidas del cuerpo humano que sirven como módulo para el diseño arquitectónico.

<sup>5</sup> Teoría de la arquitectura basada en 5 principios: Elevación sobre pilotis; Planta libre; Fachada libre; Ventana horizontal; y Terraza jardín.

Si bien la idea del Estilo Internacional era vanguardista, innovadora y a través de la industrialización y seriación trataba de dar solución al problema de vivienda de las clases sociales, su internacionalización y generalización supuso la ruptura con el conocimiento empírico adquirido generación tras generación en las arquitecturas vernáculas de cada localización.

En España, la arquitectura del Estilo Internacional no tuvo aceptación en una primera instancia a consecuencia de la dictadura franquista en que estaba sumida, y fue en época del *Desarrollismo*<sup>6</sup> cuando los principios del mismo comenzaron a ponerse en práctica para la construcción de todo un parque edificatorio inexistente y necesario como consecuencia del boom demográfico.

Al igual que en muchos otros países se sació la necesidad de vivienda a partir de estos principios propios del Estilo Internacional. Sin embargo, y a consecuencia de una ejecución acelerada, con pobres diseños, malos materiales y ejecuciones deficientes, el resultado fue obtener un parque edificatorio sin ningún tipo de criterio bioclimático y de eficiencia energética, y cuyo consumo energético está repercutiendo gravemente al calentamiento global como consecuencia de la emisión de gases de efecto invernadero.



**Fig. 2.7. Vivienda social, Madrid.**

*Fuente: Internet*

---

<sup>6</sup> Período en que se desarrollaron en España los Planes de Desarrollo Económico y Social, abarcando los años 1964 a 1975, y que supusieron la industrialización del país y la construcción de un gran número de viviendas.



## 2.2 Situación actual del parque edificatorio en España en cuanto a eficiencia energética

### 2.2.1 Número de viviendas totales

Según el censo de población y viviendas del *Instituto Nacional de Estadística (INE)* del año 2011, el número total de viviendas en España ascendía a un total de 25.208.623 unidades, según queda reflejado en Tabla 2.1.

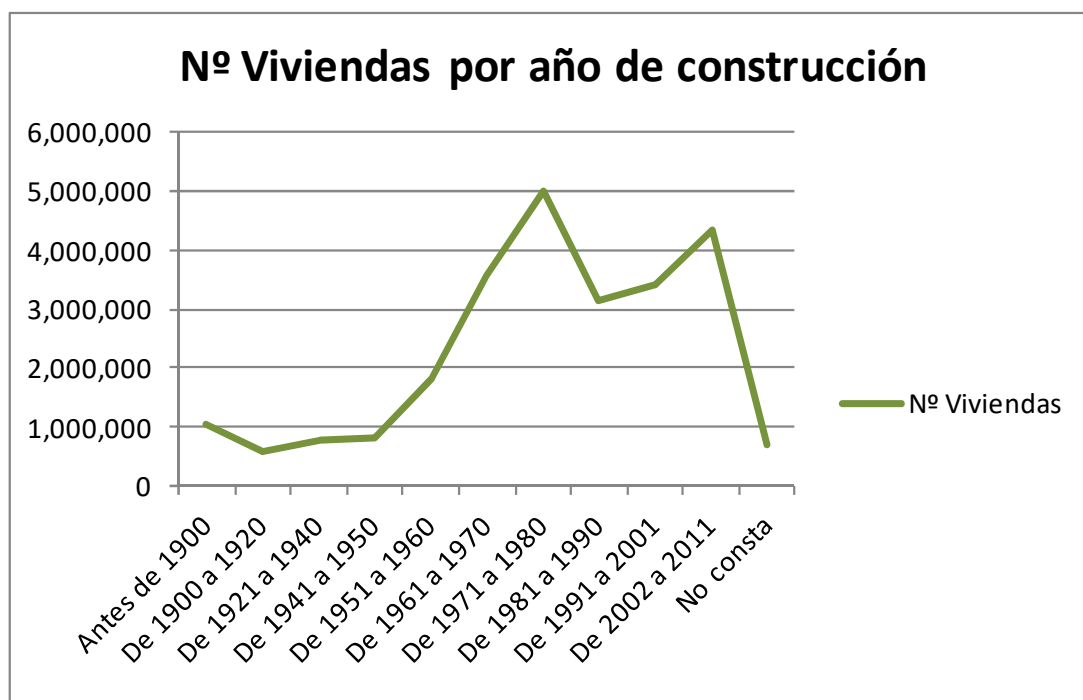
<b>Censos de Población y Viviendas 2011. Viviendas</b>				
<b>Resultados nacionales</b>				
<b>Viviendas según tipo y año de construcción (agregado) del edificio</b>				
<b>Unidades: viviendas</b>				
	<b>2.1 Total viviendas principales</b>	<b>2.21 Viviendas secundarias</b>	<b>2.22 Viviendas vacías</b>	<b>TOTALES</b>
<b>Total</b>	18,083,692	3,681,565	3,443,365.14	25,208,623
<b>Antes de 1900</b>	597,453	207,956	236,471	1,041,881
<b>De 1900 a 1920</b>	358,404	102,711	129,586	590,701
<b>De 1921 a 1940</b>	490,702	108,352	155,761	754,814
<b>De 1941 a 1950</b>	546,733	124,624	159,485	830,842
<b>De 1951 a 1960</b>	1,315,009	218,147	300,949	1,834,104
<b>De 1961 a 1970</b>	2,703,119	401,816	468,263	3,573,199
<b>De 1971 a 1980</b>	3,720,472	747,628	543,252	5,011,353
<b>De 1981 a 1990</b>	2,242,375	599,071	295,750	3,137,195
<b>De 1991 a 2001</b>	2,598,718	480,647	316,828	3,396,193
<b>De 2002 a 2011</b>	2,955,554	625,945	767,925	4,349,424
<b>No consta</b>	555,155	64,667	69,095	688,917

**Tabla 2.1 Viviendas según tipo y año de construcción**

*Fuente: INE*

Estos mismos datos del censo de viviendas expresados en forma de gráfica, según Fig. 2.8 , permite claramente diferenciar dos momentos cumbre de construcción en

España, y que se corresponden con los años del Desarrollismo iniciados en 1960, así como los años anteriores a 2007 en que estallase la crisis inmobiliaria.



**Fig. 2.8 Viviendas por año de construcción**

Fuente: Elaboración propia

### **2.2.2 Distribución de viviendas según normativa en materia de eficiencia energética**

Dentro de esta cronología de desarrollo inmobiliario existen *tres grandes hitos*<sup>7</sup> en cuanto a la normativa de eficiencia energética de las edificaciones en España, que son los siguientes:

1. Año 1979: *NBE-CT-79*, sobre condiciones térmicas en la edificación.
2. Año 2006: *DB HE del CTE*, Ahorro de energía.
3. Año 2013: *DB HE del CTE*, Ahorro de energía. Modificación del documento básico del 2006.

La *NBE-CT-79*, sobre condiciones térmicas en la edificación, era un documento propio de las Normas Básicas de Edificación vigentes en la época. Era una norma bastante elemental en cuanto a las exigencias térmicas que establecía, y su cumplimiento se

<sup>7</sup> En el año 2013 también aparece en *RD 235/2013: Procedimiento básico para la certificación energética de edificios*. Sin embargo, al no tratarse de una normativa que establezca condiciones en cuanto a eficiencia energética, limitándose a la certificación de la misma, no se ha incluido en esta relación.

limitaba a la cumplimentación de la famosa *ficha kg*, que normalmente se limitaba a un copia y pega de un proyecto a otro, estableciendo el arquitecto unas soluciones constructivas de los cerramientos según su criterio, y para nada condicionado por una normativa estricta y controlada. Los resultados de las edificaciones según esta norma son energéticamente deficientes, considerando básicamente el aislamiento térmico como única medida al respecto.

El *DB HE del CTE, año 2006*, supuso todo un cambio en cuanto a las exigencias de eficiencia energética de los edificios. Esta norma supuso considerar, en localizaciones como la provincia de Alicante, aislamientos térmicos en torno a los 5-6 cm de lana mineral en la envolvente del edificio, vidrios de baja emisividad térmica, así como la incorporación de placas solares para la producción de agua caliente sanitaria (ACS). Todo una revolución con respecto al tipo de construcción realizado hasta el momento.

El *DB HE del CTE, año 2013*, supuso el endurecimiento de las exigencias establecidas en el año 2006, dando como resultado un aislamiento térmico que en climas como el de la provincia de Alicante rondaría los 8-10 cm de lana mineral, así como mejoras en los tipos de vidrio y la envolvente del edificio en general. El motivo de este mayor grado de exigencia fue establecer un paso intermedio antes de llegar a las exigencias de los *Edificios de consumo casi nulo (ECCN)*, que se establecerán en el año 2020 para edificios privados y en 2018 para edificios públicos.

De este modo, y teniendo en cuenta el número de viviendas realizadas anteriormente a las normativas citadas y con cada una de ellas, es posible hacerse una idea bastante clara sobre la situación actual del parque edificatorio en España en cuanto a eficiencia energética se refiere.

La Tabla 2.2 y la Fig. 2.9 muestran, a partir de un reparto lineal a lo largo de los años de las viviendas expresadas en los períodos de la Tabla 2.1, y sin tener en cuenta los años en que fueron concedidas las licencias, una aproximación a la distribución del parque edificatorio en España en cuanto a los parámetros normativos sobre los que fueron construidas las viviendas. Como se puede apreciar, un 50% de las viviendas fueron realizadas anteriormente a la NBE-CT-79, un 37% con la NBE-CT-79, y un 13% con la actual normativa CTE-HE.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> No ha sido posible discriminar entre número de viviendas realizadas según CTE-HE 2006 y la versión del 2013 por ausencia de datos de este último período.

Viviendas según tipo y período normativo de construcción					
Unidades: viviendas					
	2.1 Total viviendas principales	2.21 Viviendas secundarias	2.22 Viviendas vacías	TOTALES	PORCENTAJE %
<b>Total</b>	18,083,692	3,681,565	3,443,365.14	25,208,623	100
<b>Origen a 1978</b>	8,987,797	1,761,710	1,885,117	12,634,623	50
<b>1979 a 2005 NBE-CT-79</b>	6,767,409	1,479,621	1,028,398	9,275,428	37
<b>2006 a Actualidad CTE-HE</b>	2,328,487	440,234	529,850	3,298,572	13

Tabla 2.2. Viviendas según tipo y período normativo de construcción

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE

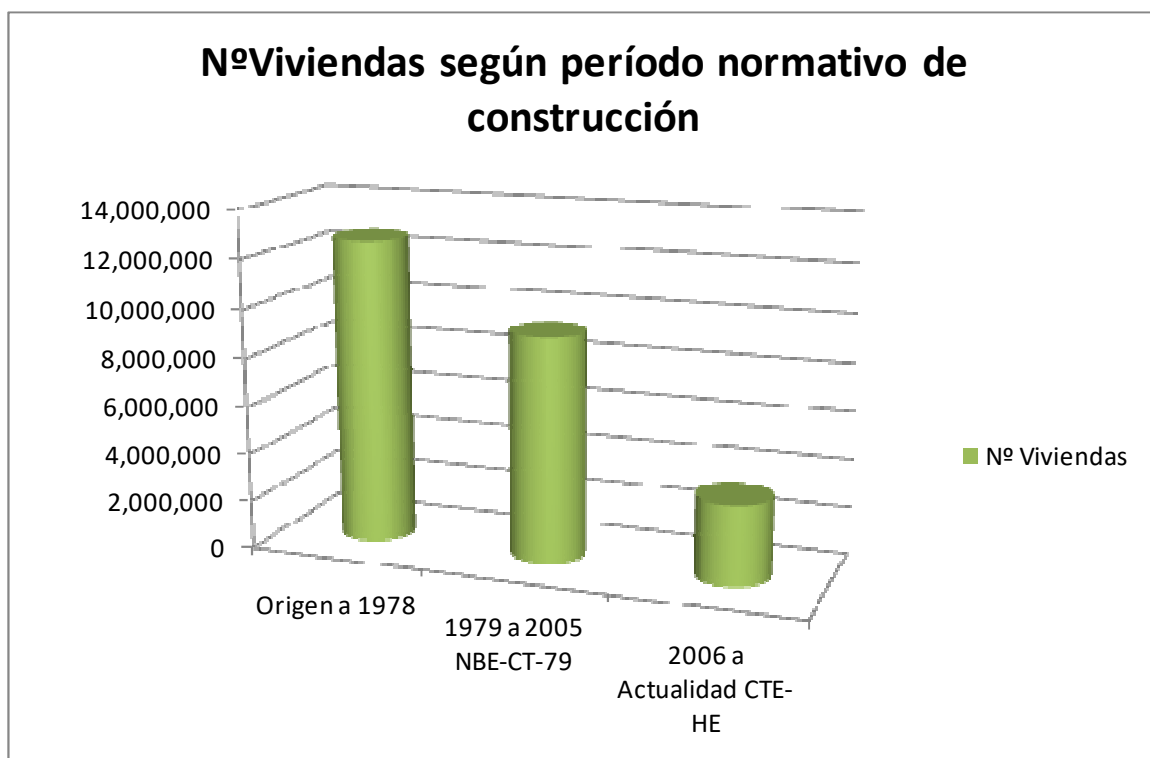


Fig. 2.9. Viviendas según período normativo de construcción

Fuente: Elaboración propia a partir de datos del INE

### **2.2.3 Tipologías de cerramientos de fachada en función del período normativo**

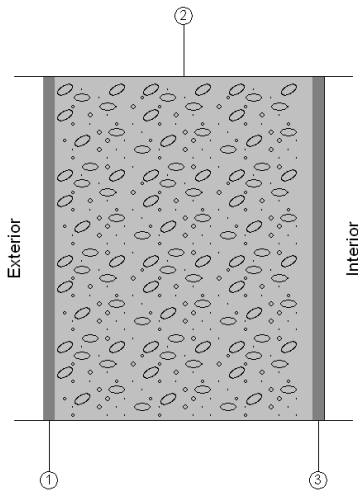
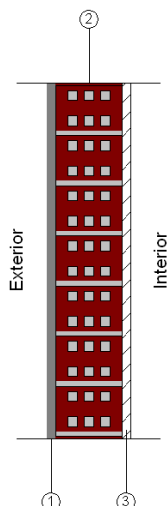
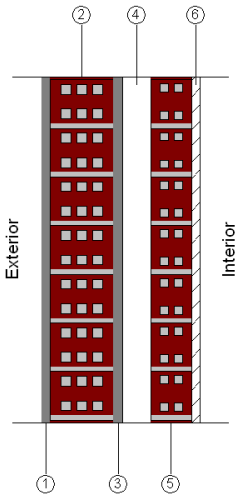
Para finalizar con este apartado de la situación actual del parque edificatorio en España en cuanto a eficiencia energética, la siguiente Tabla 2.3 muestra las tipologías de cerramientos de fachada más comunes en cada período normativo (Certificado de Eficiencia Energética, 2015), especificando composición constructiva así como transmitancias térmicas de cada tipología.

Evidentemente el comportamiento térmico de un edificio no depende exclusivamente de la composición constructiva de un cerramiento. No obstante, y ya que generalmente constituye el elemento de la envolvente más significativo en cuanto a superficie, su composición y comportamiento pueden ser un reflejo a grandes rasgos y de forma simplificada del comportamiento térmico global de los edificios.

Así, y como se refleja en la Tabla 2.3, la transmitancia térmica  $U$  de los cerramientos empeoró con el paso de la arquitectura popular a los primeros edificios industrializados, contruidos sin ningún tipo de normativa térmica y por tanto sin asilamientos térmicos.

A partir de la aparición de la NBE-CT-79 la composición de los cerramientos fue mejorando sustancialmente en cuanto a asilamientos térmicos se refiere, con la consiguiente mejora de las transmitancias térmicas de cada uno de ellos. Estas mejoras que en rasgos generales fueron dándose entre los años 1980, 1990 y 2000 no fueron debidas a endurecimientos normativos sino a exigencias de mercado y sociales de mejora de la construcción.

Con la aparición del CTE-HE del 2006 la transmitancia térmica mejoró con respecto al período normativo anterior, y finalmente con la modificación del CTE-HE 2013 se produjo una sustancial mejora en el comportamiento térmico de los cerramientos, que queda evidenciada al comparar en las secciones constructivas el espesor de aislamiento dispuesto en relación al resto de períodos.

Origen-1979. Sin normativa térmica en los edificios.		
Arquitectura popular o vernácula.		<p>1 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido <math>1000 &lt; d &lt; 1250</math> 2 cm</p> <p>2 - Roca natural porosa <math>d &lt; 1600</math> 45 cm</p> <p>3 - Mortero de yeso 2 cm</p>
	Transmitancia térmica $U = 0.82 \text{ kcal}/(\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	
Arquitectura industrializada. Cerramiento de una hoja.		<p>1 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido <math>1000 &lt; d &lt; 1250</math> 1.5 cm</p> <p>2 - Tabicón de LH triple Gran Formato <math>100 \text{ mm} &lt; E &lt; 110 \text{ mm}</math> 11 cm</p> <p>3 - Enlucido de yeso <math>1000 &lt; d &lt; 1300</math> 1.5 cm</p>
	Transmitancia térmica $U = 1.14 \text{ kcal}/(\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	
Arquitectura industrializada. Cerramiento de dos hojas y cámara de aire sin aislante térmico.		<p>1 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido <math>1000 &lt; d &lt; 1250</math> 1.5 cm</p> <p>2 - Tabicón de LH triple <math>[100 \text{ mm} &lt; E &lt; 110 \text{ mm}]</math> 11 cm</p> <p>3 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido <math>1000 &lt; d &lt; 1250</math> 1.5 cm</p> <p>4 - Cámara de aire sin ventilar 5 cm</p> <p>5 - Tabicón de LH doble <math>[60 \text{ mm} &lt; E &lt; 90 \text{ mm}]</math> 7 cm</p> <p>6 - Enlucido de yeso <math>1000 &lt; d &lt; 1300</math> 1.5 cm</p>
	Transmitancia térmica $U = 1.01 \text{ kcal}/(\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	

1979-2005. NBE-CT-79.		
<b>Años 80.</b> <b>Cerramiento de dos hojas y cámara de aire con aislante térmico EPS.</b>		1 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250$ 1.5 cm 2 - Tabicón de LH triple $[100 \text{ mm} < E < 110 \text{ mm}]$ 11 cm 3 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250$ 1.5 cm 4 - EPS Poliestireno Expandido $[0.029 \text{ W}/[\text{mK}]]$ 2 cm 5 - Cámara de aire sin ventilar 3 cm 6 - Tabicón de LH doble $[60 \text{ mm} < E < 90 \text{ mm}]$ 7 cm 7 - Enlucido de yeso $1000 < d < 1300$ 1.5 cm
	Transmitancia térmica $U = 0.56 \text{ kcal}/(\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	
<b>Años 90.</b> <b>Cerramiento de dos hojas y cámara de aire con aislante térmico PUR.</b>		1 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250$ 1.5 cm 2 - Tabicón de LH triple $[100 \text{ mm} < E < 110 \text{ mm}]$ 11 cm 3 - PUR Proyección con CO2 celda cerrada $[0.032 \text{ W}/[\text{mK}]]$ 4 cm 4 - Cámara de aire sin ventilar 2 cm 5 - Tabicón de LH doble $[60 \text{ mm} < E < 90 \text{ mm}]$ 7 cm 6 - Enlucido de yeso $1000 < d < 1300$ 1.5 cm
	Transmitancia térmica $U = 0.42 \text{ kcal}/(\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	
<b>Años 2000.</b> <b>Cerramiento de dos hojas y cámara de aire con aislante térmico XPS.</b>		1 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250$ 1.5 cm 2 - Tabicón de LH triple $[100 \text{ mm} < E < 110 \text{ mm}]$ 11 cm 3 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido $1000 < d < 1250$ 1.5 cm 4 - XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 $[0.034 \text{ W}/[\text{mK}]]$ 5 cm 5 - Cámara de aire sin ventilar 2 cm 6 - Tabicón de LH doble $[60 \text{ mm} < E < 90 \text{ mm}]$ 7 cm 7 - Enlucido de yeso $1000 < d < 1300$ 1.5 cm
	Transmitancia térmica $U = 0.37 \text{ kcal}/(\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	

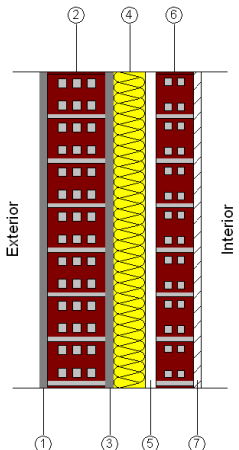
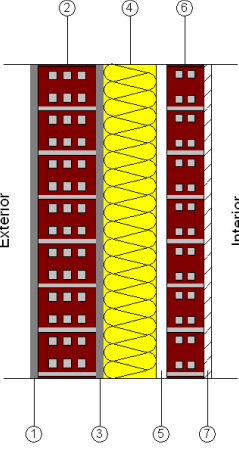
2006-Actualidad. CTE-HE.		
<b>2006-2012.</b> <b>Cerramiento de</b> <b>dos hojas y</b> <b>cámara de aire</b> <b>con aislante</b> <b>térmico MW.</b>		1 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250 1.5 cm 2 - Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110 mm] 11 cm 3 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250 1.5 cm 4 - MW Lana mineral [0.031 W/[mK]] 6 cm 5 - Cámara de aire sin ventilar 2 cm 6 - Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm] 7 cm 7 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300 1.5 cm
	Transmitancia térmica $U = 0.31 \text{ kcal}/(\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	
<b>2013-Actualidad.</b> <b>Cerramiento de</b> <b>dos hojas y</b> <b>cámara de aire</b> <b>con aislante</b> <b>térmico MW.</b>		1 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250 1.5 cm 2 - Tabicón de LH triple [100 mm < E < 110 mm] 11 cm 3 - Mortero de cemento o cal para albañilería y para revoco/enlucido 1000 < d < 1250 1.5 cm 4 - MW Lana mineral [0.031 W/[mK]] 10 cm 5 - Cámara de aire sin ventilar 2 cm 6 - Tabicón de LH doble [60 mm < E < 90 mm] 7 cm 7 - Enlucido de yeso 1000 < d < 1300 1.5 cm
	Transmitancia térmica $U = 0.21 \text{ kcal}/(\text{h} \cdot \text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	

Tabla 2.3. Tipología de cerramientos y transmitancias térmicas en cada período normativo

Fuente: Elaboración propia



### **2.2.4 Conclusiones sobre la situación actual del parque edificatorio en España en cuanto a eficiencia energética**

Las conclusiones finales en función de los datos estudiados en los apartados anteriores son las siguientes:

1. El 50% de las viviendas de España están construidas fuera del alcance de las normativas de carácter térmico y de eficiencia energética que surgirían a partir del año 1979.

Dentro de ese 50% de viviendas se encuentran tanto viviendas de carácter popular como las primeras muestras de arquitectura industrializada. Si bien el comportamiento térmico de las primeras puede resultar sensiblemente superior que las segundas, en ambos casos se trata de viviendas energéticamente deficientes.

2. Un 37% de las viviendas están realizadas bajo los parámetros establecidos por la NBE-CT-79, primera norma que establece condiciones térmicas a los edificios y con un nivel de exigencia bastante laxo. Las viviendas realizadas en esta época mejoraron su eficiencia energética con el paso de los años motivados por exigencias de mercado más que por una evolución normativa.
3. Sólo el 13% del parque edificatorio español ha sido realizado bajo los parámetros del CTE-HE, siendo normativa la responsable de introducir un verdadero cambio en cuanto al comportamiento térmico de los edificios y su eficiencia energética, en primer lugar con la versión 2006 del CTE-HE y posteriormente con la versión 2013, la cual es mucho más exigente que su predecesora.
4. El parque edificatorio español, y a la vista de los datos anteriormente expuestos, requiere *Rehabilitación Energética*<sup>9</sup>, en un alto porcentaje de su total, para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y alinearse con las *Directivas Europeas*<sup>10</sup> en materia de eficiencia energética.

---

<sup>9</sup> Acción constructiva de mejora de la envolvente del edificio, así como sus instalaciones, con el objetivo de reducir el consumo, las facturas y las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera.

<sup>10</sup> Son instrumentos jurídicos que establecen unas directrices a los países miembros, con el fin de obtener unos resultados. En materia de eficiencia energética se justifican fundamentalmente por los motivos de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> así como reducir las importaciones de gas y petróleo.

## 2.3 Cambio climático

El *cambio climático* se refiere a las variaciones que, a ritmo acelerado, está sufriendo el clima del planeta como consecuencia de la acción del hombre. Este hecho es uno de los principales problemas ambientales por las consecuencias que puede acarrear, destacando a nivel medioambiental:

- Incremento de temperaturas promedio.
- Deshielo de los polos e incremento del nivel de los polos.
- Tormentas y fenómenos similares.

Así como otras consecuencias que afectan directamente al hombre y la sociedad:

- Seguridad del suministro de energía.
- Salud y bienestar.

Este cambio climático está íntimamente relacionado con el *efecto invernadero*, que es un fenómeno por el cual la cantidad de calor de la superficie terrestre es absorbida por los gases de la atmósfera conocidos por *gases de efecto invernadero*, dando lugar a un aumento de la temperatura.



Fig. 2.10. Explicación del efecto invernadero

Fuente: Internet

Los principales *gases de efecto invernadero* (GEI<sup>11</sup>) son: Vapor de agua (H<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>), y ozono (O<sub>3</sub>); siendo el CO<sub>2</sub> el de mayor relevancia por cantidad y repercusión en el fenómeno, y cuyo principal causante es la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas), así como la deforestación.

El efecto invernadero en su justa medida permite que la temperatura superficial de la tierra sea en promedio de 15°C, y no de -18°C en caso de que no existiese el fenómeno.

Es a consecuencia del incremento de los GEI cuando se produce un incremento del efecto invernadero que conlleva a los fenómenos propios del cambio climático, cuya mayor amenaza es el calentamiento global.

El *calentamiento global* consiste en el aumento de las temperaturas medias del planeta. En los últimos 100 años ha aumentado 0.76°C de promedio, y concretamente en el Ártico 5°C con el consiguiente problema de deshielo e incremento del nivel de las aguas.

### 2.3.1 Emisiones de gases de efecto invernadero en España

El inventario de gases de efecto invernadero (GEI) de España, serie 1990-2015, establecía según Tabla 2.4 y Fig. 2.11 unas emisiones de GEI estimadas de 335.6 millones de toneladas de CO<sub>2</sub>-eq<sup>12</sup>, que porcentualmente suponía un 15% de incremento sobre el año 1999 y un ligero aumento sobre los años anteriores. No obstante, el nivel de emisiones en 2015 es muy inferior al de los años 2005 a 2007 en que se produjo el máximo en el intervalo de tiempo 1990-2015.

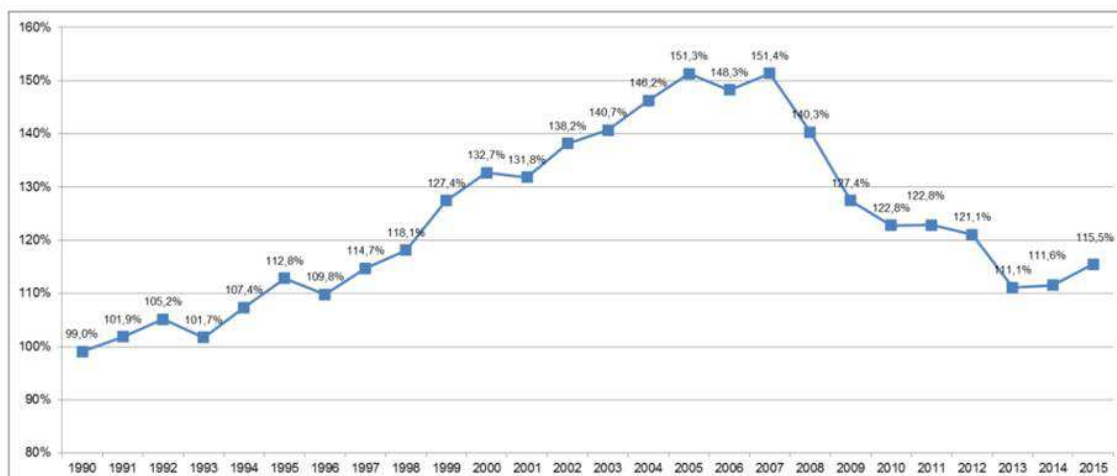
	1990	1995	2000	2005	2010	2013	2014	2015
Emisiones GEI (CO <sub>2</sub> -eq)	287.828	327.885	385.588	439.556	356.761	322.874	324.215	335.662
Variación vs año base <sup>1</sup>	99,0%	112,8%	132,7%	151,3%	122,8%	111,1%	111,6%	115,5%

**Tabla 2.4. Emisiones totales brutas de gases de efecto invernadero (kt CO<sub>2</sub> eq)**

*Fuente: Inventario emisiones de GEI. Ministerio agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente.*

<sup>11</sup> Gases de efecto invernadero

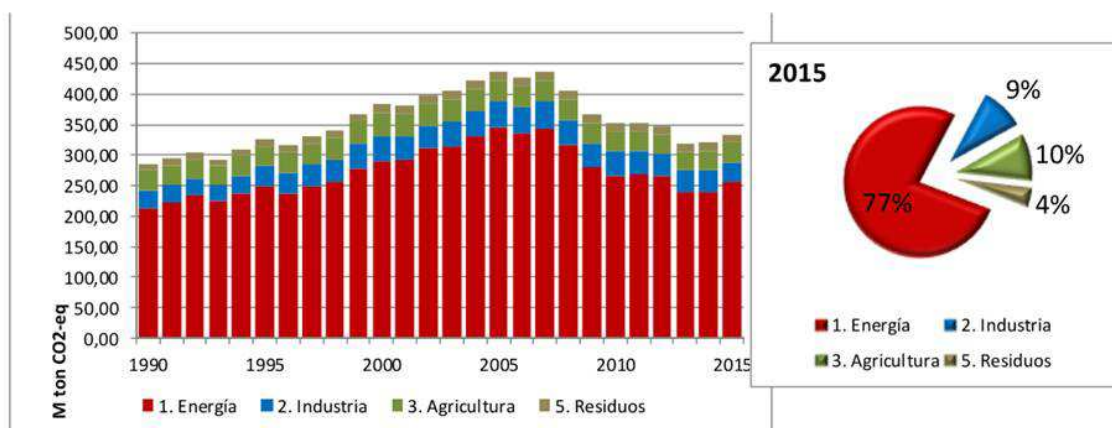
<sup>12</sup> CO<sub>2</sub> equivalente: Conversión de los distintos tipos de gases de efecto invernadero GEI a su equivalente en CO<sub>2</sub>.



**Fig. 2.11. Evolución de las emisiones de GEI tomando como referencia el primer año de la serie (1990)**

*Fuente: Inventario emisiones de GEI. Ministerio agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente.*

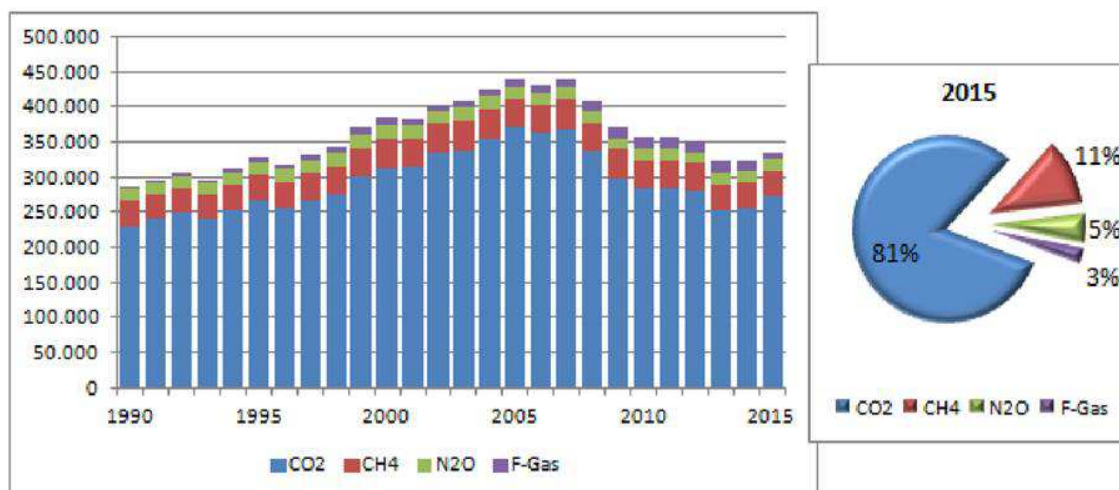
Según Fig. 2.12 se puede observar que la mayor emisión de gases de efecto invernadero (GEI) se debe al procesado de energía con un 77%, seguido de la agricultura con un 10%, la industria con un 9% y la gestión de residuos con un 4%.



**Fig. 2.12. Distribución anual de las emisiones de GEI por grupo de actividad y detalle para el año 2015.**

*Fuente: Inventario emisiones de GEI. Ministerio agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente.*

En cuanto al tipo de gas emitido, en la Fig. 2.13 queda reflejado el protagonismo del CO2 con respecto al resto de gases de efecto invernadero, con un 81% de emisiones del mismo con respecto al total en el año 2015.



**Fig. 2.13. Distribución anual de las emisiones de GEI por gas y detalle para el año 2015.**

*Fuente: Inventario emisiones de GEI. Ministerio agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente.*

### **2.3.2 Consumos, fuentes de energía y emisiones de GEI del parque edificatorio de España.**

Debido a la creciente dependencia de las importaciones de energía y a la escasez de recursos energéticos, así como la necesidad de limitar el cambio climático y superar la crisis económica, la Unión Europea se enfrenta a retos sin precedentes. (Directiva Europea 2012/27/UE).

Según esta misma Directiva, relativa a la eficiencia energética, el consumo de energía final de la Unión Europea está realizado en un 40% por los edificios. Es por ello fundamental plantear estrategias para la reducción del consumo así como la utilización de energías renovables en el parque edificatorio de cada uno de los países miembros, con el fin de reducir la dependencia energética así como reducir las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

El 55% del parque edificado en España es anterior al año 1980, y el 58%<sup>13</sup> está realizado con anterioridad a la primera norma con criterios de eficiencia energética, la NBE-CT-79.

<sup>13</sup> En el apartado 2.2 esta cifra se cuantificó en un 50% para el sector residencial. Como ya se especificó, la cuantificación pretendía un orden de magnitud del problema, y no una cifra exacta.

La consecuencia de esta ineficiencia energética del parque edificatorio en España se hace evidente en las siguientes Tabla 2.1 y Fig. 2.14, observándose, para el sector residencial:

- Es predominante en términos de energía final el consumo de combustibles.
- El mayor consumo está destinado al uso final de calefacción, con cerca de la mitad de todo el consumo del sector.

USOS FINALES	CONSUMO FINAL		
	ELECTRICO	COMBUSTIBLES	TOTAL
	TJ	TJ	TJ
CALEFACCIÓN	15.907	272.667	288.574
AGUA CALIENTE SANITARIA	16.129	100.114	116.243
COCINA	20.063	25.588	45.651
REFRIGERACIÓN	5.042	107	5.148
ILUMINACIÓN	25.366		25.366
ELECTRODOMÉSTICOS	133.470		133.470
Frigoríficos	40.834		40.834
Congeladores	8.083		8.083
Lavadoras	15.812		15.812
Lavavajillas	8.083		8.083
Secadoras	4.469		4.469
Horno	11.022		11.022
TV	16.263		16.263
Ordenadores	9.906		9.906
Stand-by	14.292		14.292
Otro Equipamiento	4.707		4.707
<b>CONSUMO TOTAL</b>	<b>215.978</b>	<b>398.475</b>	<b>614.453</b>

Tabla 2.5. Desagregación según consumo térmico y eléctrico del sector residencial en España.

Fuente: Proyecto Sech-Spahousec. IDAE<sup>14</sup> ..

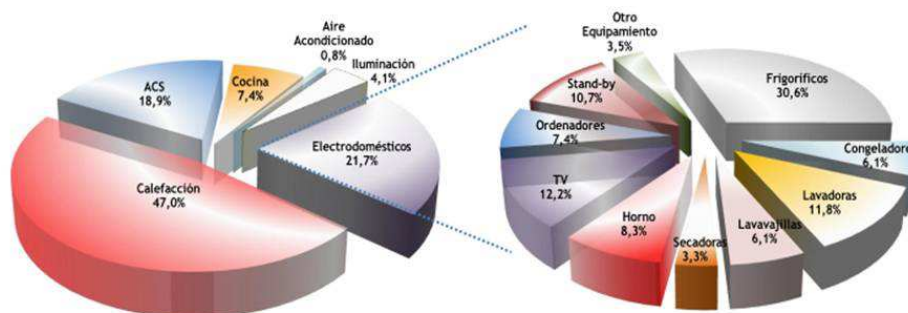


Fig. 2.14. Estructura de consumo según usos energéticos del sector inmobiliario en España.

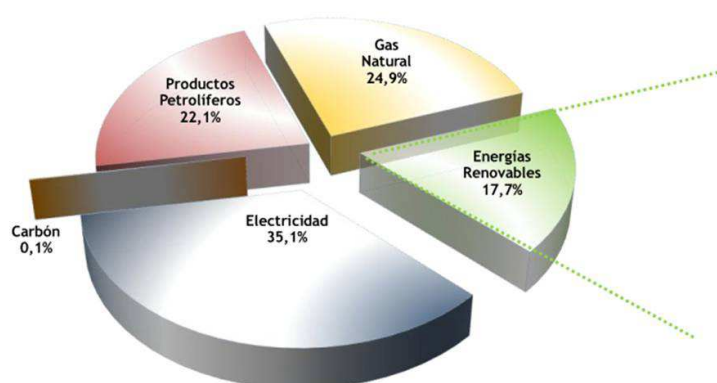
Fuente: Proyecto Sech-Spahousec. IDAE.

<sup>14</sup> Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía. Organismo adscrito al Ministerio de Energía, Turismo y Agenda Digital.



En cuanto al consumo en el sector residencial en función de las fuentes energéticas, de la Fig. 2.15 se puede concluir:

- La electricidad siguen siendo la fuente de energía principal, con un 35.1% del total.
- Las energías renovables cobran peso, con un 17.7%, casi igualando a la energía procedente de productos petrolíferos, con un 22.1%.
- El gas natural representa un 24.9% del consumo total posicionándose en segundo lugar.
- El carbón tiene una presencia casi testimonial.



**Fig. 2.15. Estructura de consumos según fuentes energéticas en el sector residencial**

*Fuente: Proyecto Sech-Spahousec. IDAE.*

Puesto que en España el sector inmobiliario se ha centrado en la construcción de nueva planta, resulta hoy en día fundamental que el sector se redirija hacia la rehabilitación, regeneración y renovación urbana bajo modelos sostenibles y criterios de eficiencia energética.

El consumo de energía en los edificios se realiza fundamentalmente a través de sistemas de frío, calor e iluminación, haciéndose uso en ocasiones de gases fluorados para climatización. Tanto las fugas de estos gases fluorados como el consumo de combustibles fósiles producen emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).<sup>15</sup> De esta manera, las *emisiones directas*<sup>16</sup> por combustión de energías fósiles en 2014 resultaron

<sup>15</sup> El cómputo de las emisiones de los edificios de uso residencial, comercial e institucional excluyen las emisiones derivadas de consumos eléctricos y fugas de gases invernaderos por contemplarse en el cómputo del sector de producción respectivo.

<sup>16</sup> Las *emisiones directas* son aquellas realizadas por fuentes propias; mientras que las *emisiones indirectas* se refieren a aquéllas realizadas por las compañías para la generación de la energía que se consume.

un 8% del total de España. (Ministerio de Agricultura y Pesca, Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, 2017).

## 2.4 Estrategias contra el cambio climático

La evidencia científica de la existencia del cambio climático así como la responsabilidad de la acción del hombre en el mismo, ha dado lugar a estrategias internacionales así como nacionales para revertir o minimizar este proceso. Entre las estrategias internacionales cabe señalar la *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático* (CMNUCC), el *Protocolo de Kioto* de 1997, y las *Cumbres de Clima* (COP) que se celebran anualmente. Entre las nacionales, y referidas a España, el *Código Técnico de la Edificación* (CTE) constituye el mecanismo fundamental de eficiencia energética en la lucha contra el cambio climático, junto a la última modificación del RITE<sup>17</sup> y el RD<sup>18</sup> 235/2013 para la certificación energética.

A su vez, se han ido desarrollando sistemas de certificación medioambientales y estándares de construcción enfocados a la eficiencia energética, que si bien no son de carácter normativo y obligatorio, su repercusión y valor a la hora de combatir los fenómenos propios del mismo son incuestionables. Entre los sistemas de certificación medioambiental es preciso hacer referencia a LEED, BREEAM, HQE, DGNB, y GBCE-VERDE. En cuanto a los estándares de construcción, cabe señalar el famoso certificado alemán Passivhaus en torno al cual versa este trabajo, así como sus similares francés Effinergie, e italiano Casaclima, y Minergie-ECO suizo.

### 2.4.1 Estrategias a nivel internacional

- *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC):*

Fue adoptada en 1992 y puesta en vigor en 1994. En ella se reconoce el problema del cambio climático y establece como objetivo último *“la estabilización de las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera a un nivel que impida interferencias antropógenas peligrosas en el sistema climático. Ese nivel debería lograrse en un plazo suficiente para permitir que los ecosistemas se adapten naturalmente al*

---

<sup>17</sup> Reglamento de Instalaciones Térmicas en las Edificaciones.

<sup>18</sup> Real Decreto.



*cambio climático, asegurar que la producción de alimentos no se vea amenazada y permitir que el desarrollo económico prosiga de manera sostenible*". (Unidas, Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, 1992).

Los miembros de la CMNUCC reciben el nombre de Partes, y desde 2014 ascienden a un total de 196. Estos miembros se reúnen anualmente, desde 1995 en Berlín a la última edición de 2016 en Marrakech, en las denominadas *Conferencias de las Partes* (CP o COP<sup>19</sup>, por sus siglas en inglés), que es el órgano supremo donde se reúnen las partes de la CMNUCC para adoptar decisiones y revisar el cumplimiento de sus disposiciones. Estas *Conferencias de las Partes* reciben también el nombre de *Cumbres del Clima*, entre las cuales es preciso señalar la importancia de la 3ª edición, la *Cumbre del Clima de Kioto* de 1997, en que se firmó el *Protocolo de Kioto*.

- *Protocolo de Kioto:*

Dos años después de aprobada la convención CMNUCC, en 1996, el *Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático* (IPCC<sup>20</sup>, por sus siglas en inglés), realiza su segundo informe donde afirma que el clima ya había empezado a cambiar a consecuencia de los gases de efecto invernadero (GEI). Como respuesta a este informe, en la 3ª *Cumbre del Clima de Kioto* de 1997, se incorpora una adición al CMNUCC con medidas vinculantes a cada una de las partes en relación a la reducción o limitación de emisiones de GEI, recibiendo el nombre de *Protocolo de Kioto*.

El Protocolo de Kioto entra en vigor en 2005, estableciendo un primer período de compromiso desde el 1 de Enero de 2008 al 31 de Diciembre de 2012.

El segundo período de compromiso abarcaría del 1 de Enero de 2013 al 31 de Diciembre de 2020.

Los compromisos adquiridos por la UE<sup>21</sup> y sus países miembros para ambos períodos son los siguientes:

1. Primer período: Compromiso de reducción de las emisiones de GEI en un 8% respecto al año base 1990.<sup>22</sup>

---

<sup>19</sup> Conference of the Parties.

<sup>20</sup> Intergovernmental Panel on Climate Change.

<sup>21</sup> Unión Europea.

<sup>22</sup> Los compromisos adquiridos por la UE son repartidos entre los países miembros en función a diferentes parámetros, de modo que cada uno tendrá un nivel de reducción o limitación de emisiones de GEI.

## 2. Segundo período: *Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático 2013-2020*.

Se establecen los *Objetivos 20/20/20*, consistentes en:

- Reducir las emisiones de GEI en un 20%.
- Ahorrar un 20% del consumo de energía mediante eficiencia energética.
- Promover energías renovables hasta un 20% del total utilizadas.

Para el tercer período, 2020-2030, la UE presenta en 2014 una propuesta conocida con el nombre de *Marco sobre Clima y Energía 2030*, dando continuidad al *Paquete Europeo de Energía y Cambio Climático 2013-2020*. Los objetivos consisten en:

- Reducir las emisiones de GEI en un 40%.
- Ahorrar un 27% del consumo de energía mediante eficiencia energética.
- Promover energías renovables hasta un 27% del total utilizadas.

Además, la UE está estudiando su hoja de ruta para 2050, según la cual en esta fecha habrá reducido las emisiones de GEI en un 80%, con un paso previo en 2040 de reducción al 60%.

(Ministerio de Agricultura y Pesca, 2017).

- *Directivas Europeas en materia de eficiencia energética:*

Con el fin de llevar a cabo los compromisos adquiridos en las COP por parte de la UE, ésta redacta *Directivas Europeas* en materia de eficiencia energética con la finalidad de marcar unas directrices a los países miembros que permitan cumplir dichos compromisos. Estas Directivas son normativas que obligan a unos objetivos concretos al conjunto de la UE o a un estado en cuestión, dejando libertad de medios para su consecución a cada país. A destacar dos en concreto: *Directiva 2010/31/UE* y *Directiva 2012/27/UE*.

*Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de Mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética:*

Su objeto es “fomentar la eficiencia energética de los edificios sitos en la Unión, teniendo en cuenta las condiciones climáticas exteriores y las particularidades locales, así como las exigencias ambientales interiores y la rentabilidad en términos coste-eficacia”. (Europeo, Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética, 2010).

Parte de la base de considerar que el 40% del consumo total de energía de la UE corresponde a los edificios, y de la necesidad de cumplimiento del *Protocolo de Kioto* así como su triple *Objetivo 20/20/20*.

Entre sus puntos más importantes, establece la necesidad de:

1. Establecer metodologías de cálculo de la eficiencia energética.
2. Lograr que en 2020 todos los edificios de nueva planta sean de consumo casi nulo (ECNN).
3. Sistemas de certificación de eficiencia energética de edificios.
4. Sistemas de control independiente de los certificados de eficiencia energética.
5. Inspección periódica de las instalaciones de calefacción y aire acondicionado.

*Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de Octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética:*

Su objeto es “establecer un marco común de medidas para el fomento de la eficiencia energética dentro de la Unión a fin de asegurar la consecución del objetivo principal de eficiencia energética de la Unión de un 20 % de ahorro para 2020, y a fin de preparar el camino para mejoras ulteriores de eficiencia energética más allá de ese año”. (Europeo, Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética, 2012).

Considera que la Unión se enfrenta a retos sin precedentes debido a la dependencia de las importaciones de energía y a la escasez de recursos energéticos, además de la necesidad de reducir el cambio climático y salir de la crisis económica.

Entre sus puntos más importantes, establece la necesidad de:

1. Fijar objetivos de eficiencia energética orientativos.
2. Función ejemplarizante de los edificios públicos, renovando el 3% del total de la superficie de edificios con calefacción y/o refrigeración en propiedad.
3. Estrategias de renovación del parque de edificios.
4. Asegurar que las administraciones sólo hacen adquisiciones altamente eficientes energéticamente.

### **2.4.2 Estrategias a nivel nacional**

Las *Directivas Europeas* tienen su respuesta en los diferentes países miembros a través de sus estrategias nacionales en forma de normativas, y que para el caso de España se pueden resumir, dese el punto de vista del cambio climático, en las siguientes:

1. *Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas.*
2. *Real Decreto 233/2013, de 5 de abril, por el que se regula el Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas, 2013-2016.*

3. *Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios y su corrección de errores.*
4. *Real Decreto 238/2013, de 5 de abril, por el que se modifican determinados artículos e instrucciones técnicas del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, aprobado por Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio y su corrección de errores.*
5. *Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el Documento Básico DB-HE «Ahorro de Energía», del Código Técnico de la Edificación, aprobado por Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo.*

Además, y en la línea de lo establecido por la Directiva 2010/31/UE en cuanto a Edificios de Consumo Casi Nulo (ECCN), en Diciembre de 2016 se redactó el *Documento de bases para la actualización del Documento Básico DB-HE*, que entrará en vigor en 2018, y que permitirá que:

1. En 2018 sea de aplicación obligatoria a edificios nuevos propiedad de la administración pública.
2. En 2020 sea de aplicación a todos los edificios de nueva planta.

En la siguiente Tabla 2.6 quedan reflejadas estas normativas así como las anteriores y las que están por llegar, permitiendo observar con claridad la evolución normativa en España en materia de eficiencia energética.

EVOLUCIÓN DE LA NORMATIVA ESPAÑOLA EN MATERIA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.		
PERÍODO NORMATIVO	AÑO	NORMA
Anterior.	2006	Documento Básico DB-HE de Ahorro de Energía. (R.D. 314/2006)
	2007	R.I.T.E. (R.D. 1027/2007)
		Procedimiento básico para la certificación energética de edificios de nueva construcción. (R.D. 47/2007).
Vigente.	2013	Ley 8/2013, de 26 de junio, de rehabilitación, regeneración y renovación urbanas.
		Plan Estatal de fomento del alquiler de viviendas, la rehabilitación edificatoria, y la regeneración y renovación urbanas, 2013-2016. (R.D. 233/2013)
		Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios y su corrección de errores. (R.D. 235/2013)
		Modificación R.I.T.E. (R.D. 238/2013)
		Actualización del DB-HE. (Orden FOM/1635/2013).
En curso.	2016	Documento de bases para la actualización del Documento Básico DB-HE. Edificios de Consumo Casi Nulo (ECCN). (Ministerio de Fomento).
	2018	Aplicación obligatoria de las exigencias de ECCN a edificios públicos. (Directiva 2010/31/UE).
	2020	Aplicación obligatoria de las exigencias de ECCN a todos los edificios. (Directiva 2010/31/UE).

**Tabla 2.6. Evolución de la normativa española en materia de eficiencia energética.**

*Fuente: Elaboración propia.*

### 2.4.3 Sistemas de certificación medioambiental

El concepto de sostenibilidad hace referencia a la satisfacción de las necesidades actuales sin repercutir en la satisfacción de las necesidades de las futuras generaciones, a través de un equilibrio económico, social y medioambiental.



Fig. 2.16. Tríada de Sostenibilidad.

Fuente: Internet

Existen diversas normas ISO<sup>23</sup> desarrolladas en las últimas décadas para medir la sostenibilidad de las edificaciones. Estas normas son de carácter voluntario, si bien es cierto que podrían pasar a formar del conjunto de normas obligatorias de los distintos países con el paso de los años.

Basadas en estas normas ISO se han desarrollado numerosas herramientas de certificación ambiental, como son:

1. **LEED:** Leadership in Energy & Environmental Design. Sistema de certificación medioambiental americano.
  - Mide el impacto ambiental en 5 categorías: Emplazamiento, gestión del agua, calidad ambiental interior, materiales y energía y atmósfera.
  - Puntuación global: Certificado, Plata, Oro, Platinum.
2. **BREEAM:** Building Research Establishment Environmental Assessment Method. Sistema de certificación medioambiental de Reino Unido.

---

<sup>23</sup> International Organization for Standardization. En castellano: Organización Internacional de Estandarización.

- Mide el impacto ambiental en 10 categorías para el caso de edificios: Gestión, salud y bienestar, energía, transporte, agua, materiales, residuos, uso del suelo, ecología, contaminación e innovación.
- Puntuación global: 5 niveles.
- 3. *HQE: Haute Qualité Environnementale* – Alta Calidad Medioambiental. Sistema de certificación medioambiental francés.
  - Mide el impacto ambiental de 14 categorías en 4 secciones: Ecoconstrucción, eco-gestión, salud y confort.
  - Puntuación global: Nivel bajo, nivel alto y nivel muy alto.
- 4. *DGNB: Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen*. Sistema de certificación medioambiental alemán.
  - Mide el impacto ambiental de 6 áreas: Calidad ecológica, económica, sociocultural y funcional, técnica, de proceso, de ubicación.
  - Puntuación global: Bronce, plata y oro.
- 5. *GBCE-VERDE: Green Building Council España*. Sistema de certificación medioambiental español.
  - Mide el impacto ambiental de diferentes categorías en función de 5 fases: Fase de producto, fase de transporte, fase de construcción, fase de uso y fase de fin de vida.
  - Puntuación global: 6 niveles.

La característica común de estos sistemas de certificación medioambiental es su enfoque hacia la sostenibilidad. No obstante, además de certificar no proponen ninguna solución específica para conseguir sus objetivos, cosa que sí hacen los estándares de construcción que en el próximo apartado se describen.

(Wassouf, De la casa pasiva al estándar Passivhaus, 2014, págs. 12, 13, 14).

#### **2.4.4 Estándares de construcción certificados**

Los estándares<sup>24</sup> de construcción se establecen como procedimientos para controlar determinados aspectos en los edificios, normalmente demanda y consumo energético. Por tanto, son mucho más específicos que los certificados medioambientales, que engloban todos los aspectos ambientales del edificio.

Los estándares de construcción plantean requisitos según tres aspectos:

---

<sup>24</sup> Estándar según RAE: Tipo, modelo, patrón, nivel.

1. *Requisitos energéticos mínimos*: Como puedan ser limitar la demanda de calefacción y refrigeración, así como el consumo.
2. *Conjunto de soluciones técnicas*: Soluciones constructivas concretas para conseguir los requisitos energéticos fijados.
3. *Herramientas de cálculo*: Software específico de cada estándar que permite verificar los requisitos energéticos.

Entre los Estándares de construcción más populares se encuentran:

1. *Passivhaus*: Estándar de construcción alemán.
2. *Effinergie*: Variante francesa del Passivhaus.
3. *CasaClima*: Variante italiana del Passivhaus.
4. *Minergie-ECO*: Estándar suizo de edificios de bajo consumo.

(Wassouf, De la casa pasiva al estándar Passivhaus, 2014, págs. 14,15,16)

## 2.5 Estándar de construcción Passivhaus

El estándar de construcción Passivhaus se ideó en 1988 por los profesores Bo Adamson, de la *Lund University* de Suecia, y Wolfgang Feist, profesor del *Instituto de Edificación y Medio Ambiente* de Alemania y actual director del *Passivhaus Institut de Darmstadt*. Concretamente, nació de la observación de que:

*“Cuando la carga de calefacción no superaba los 10W/m<sup>2</sup> de superficie útil es posible suministrar el calor necesario para mantener el calor en invierno mediante una ventilación controlada con recuperación de calor (...) de este modo, podía prescindir de la instalación convencional de radiadores o suelo radiante, y conseguir un ahorro respecto a un mismo edificio de bajo consumo, pero menos eficiente”.* (Wassouf, De la casa pasiva al estándar Passivhaus, 2014, págs. 16,17).

Se trata de un estándar que originalmente se desarrolló en climas centroeuropeos, y que en la actualidad se está expandiendo a otros climas más cálidos como el Mediterráneo, que posee ya numerosos ejemplos de viviendas certificadas, sobre todo en Cataluña.

El primer edificio realizado bajo los estándares del Passivhaus fue llevado a cabo en Darmstadt en 1991, y su funcionamiento fue monitorizado durante veinte años con excelentes resultados.





**Fig. 2.17. Primer edificio Passivhaus, Darmstadt, 1991.**

*Fuente: Internet*

La palabra *Passivhaus* proviene del alemán, significando *casa pasiva*<sup>25</sup> como es fácil intuir. Por tanto, y ya desde su propia denominación, se hace evidente la importancia de las medidas pasivas propias de la arquitectura popular para su puesta en práctica. Y es que es de vital importancia la concepción pasiva del edificio desde su inicio, reduciendo así la demanda y consumo energético en su puesta en funcionamiento, y requiriendo por tanto un menor uso de medidas activas de refrigeración y calefacción.

Además de las medidas pasivas que toda edificación Passivhaus debe contemplar, el estándar establece una serie de criterios, constructivos y técnicos, a tener en cuenta en el diseño, así como unos parámetros objetivos en cuanto a demanda, consumo y hermeticidad al aire que determinan su certificación.

### ***2.5.1 Medidas pasivas en la arquitectura Passivhaus.***

Como ya se ha mencionado en el apartado anterior, el diseño pasivo de las edificaciones es determinante a la hora de alcanzar los parámetros establecidos por el estándar Passivhaus, de modo que la no puesta en práctica de los mismos puede suponer la imposibilidad de alcanzar dichos parámetros.

Es por ello que es necesario hacer una descripción de los diferentes aspectos a tener en cuenta en el diseño pasivo de edificios:

---

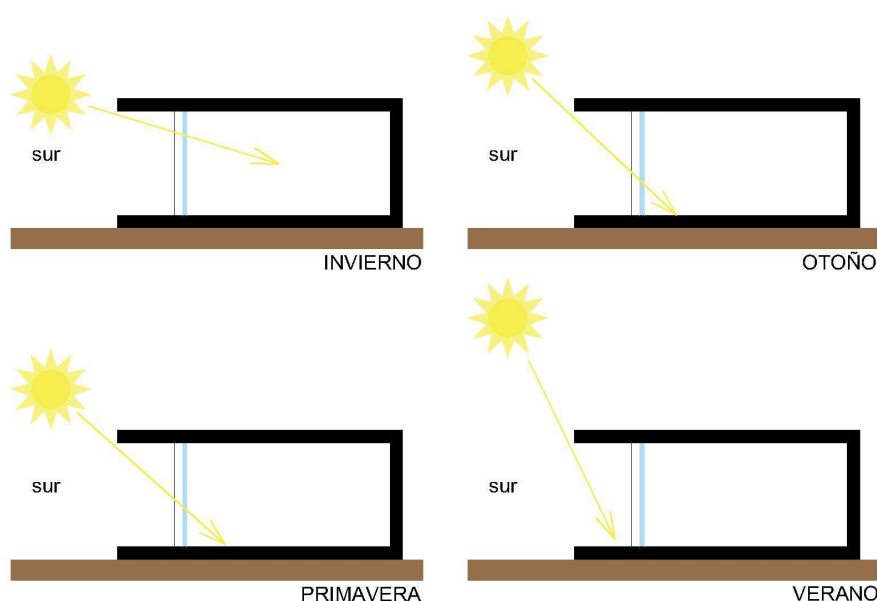
<sup>25</sup> El estándar Passivhaus es aplicable no sólo al uso vivienda, sino a cualquier otro, si bien es cierto que mayoritariamente se ha aplicado a viviendas.

### 1. Orientación y radiación solar sobre la envolvente de los edificios.

Si bien la orientación puede no ser determinante en la demanda energética de edificios en climas centroeuropeos, en climas cálidos, como es el caso del Mediterráneo, es fundamental la orientación del edificio así como el control de sus huecos en relación a ésta.

Los huecos constituyen, generalmente, los puntos de mayor transmitancia térmica de la envolvente de un edificio, que unido a la capacidad de transmitir la radiación solar al interior del mismo hacen que sea una cuestión fundamental su control en cuanto a orientación, tamaño y elementos de protección.

La orientación de un edificio viene determinada por la fachada con mayor número de huecos. Por ello, y fundamentalmente en climas mediterráneos, conviene que la orientación sea sur, implementando voladizos bien dimensionados que permitan la entrada de radiación solar en invierno y la impida en verano.



**Fig. 2.18. Esquema de funcionamiento de un voladizo orientado a sur.**

*Fuente: Elaboración propia*

En cuanto a la orientación norte, conviene controlar el número de huecos así como su tamaño, puesto que no reciben radiación solar y a través de ellos no es posible recibir ganancias energéticas controladas como en el caso de la orientación sur.

En las orientaciones este y oeste, las radiaciones solares llegan con poca inclinación a incidir con los huecos, y su control mediante voladizos es ineficaz. Por ello es conveniente reducir el número de huecos en estas orientaciones o hacer uso de elementos de protección solar verticales, a poder ser móviles, que permitan las

ganancias térmicas por radiación solar en verano y su impedimento en invierno. Entre ambas orientaciones, la oeste es la que mayor incidencia en cuanto a ganancias térmicas tiene, ya que se produce por la tarde, cuando la edificación ha estado sometida a la radiación solar durante todo el día.

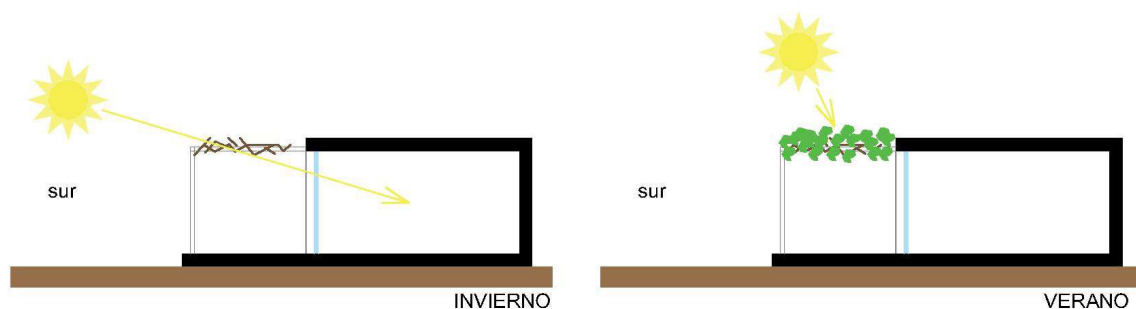


**Fig. 2.19. Ejemplos de protección solar para orientaciones Este y Oeste.**

*Fuente: Internet*

Si hasta ahora se han considerado exclusivamente los elementos constructivos para el control de la radiación solar sobre los huecos, cabe señalar la importancia de la vegetación como elemento de protección solar.

Así, en orientaciones sur la disposición de elementos vegetales horizontales y caducos permiten el control solar en verano y la entrada de radiación solar en invierno.



**Fig. 2.20. Elementos vegetales de protección solar sur.**

*Fuente: Elaboración propia*

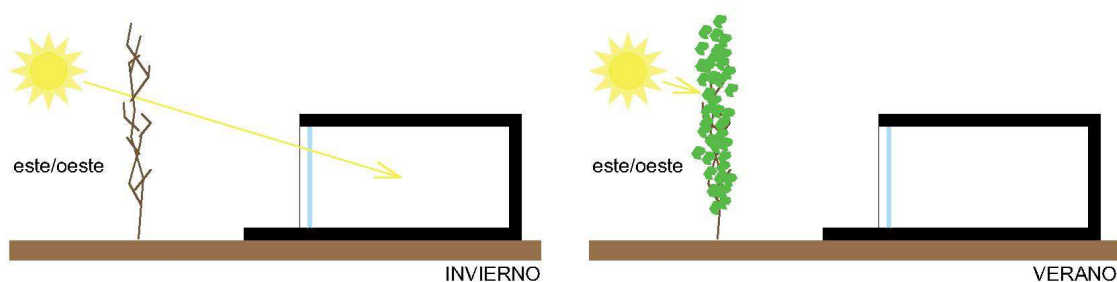
Este elemento vegetal de protección solar sur, Fig. 2.20, es muy típico de la arquitectura popular andaluza, que en sus patios utilizan parras para dar sombra en verano permitiendo el paso del sol en invierno según se muestra en la siguiente figura:



**Fig. 2.21. Parra como elemento de protección solar.**

*Fuente: Internet*

En cuanto a las orientaciones este y oeste, y de igual manera que los elementos constructivos de control solar debían ser verticales, en este caso sucede lo mismo, siendo conveniente la disposición de elementos vegetales verticales de hoja caduca que permitan el soleamiento en invierno y lo eviten en verano.



**Fig. 2.22. Elementos vegetales de protección solar este/oeste.**

*Fuente: Elaboración propia*

Por último, y para finalizar este apartado, en cuanto a las orientaciones cabe tener en cuenta, además de las cuestiones referentes a la radiación solar de las que ya se ha hablado, el viento. Si bien se pueden dar pautas generalizadas en cuanto a orientaciones y radiación solar, hacer lo mismo con el viento y la orientación resulta complicado, por lo que en cada caso se deberá tener en cuenta ambos factores y sopesar el que mayor peso va a tener en el comportamiento térmico del edificio. (Wassouf, De la casa pasiva al estándar Passivhaus, 2014, pág. 25)

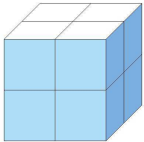
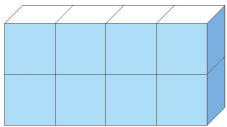
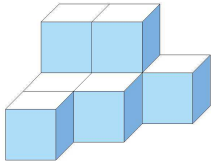
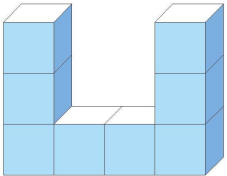
## 2. Compacidad del edificio.

La compacidad se define como la relación entre la superficie de la envolvente y el volumen que encierra; a menor relación mayor compacidad.

$$\text{Compacidad} = \frac{\text{Superficie}}{\text{Volumen}} = \frac{m^2}{m^3}$$

Cuanto más compacto sea un edificio, menores serán las pérdidas energéticas a través de su envolvente, y por tanto mejor comportamiento térmico tendrá.

En la siguiente Tabla 2.7 se reflejan distintas compacidades para un mismo volumen y diferentes formas o configuraciones volumétricas.

	Superficie	Volumen	Superficie/Volumen
	24 unidades <sup>2</sup>	8 unidades <sup>3</sup>	3 / unidad
	28 unidades <sup>2</sup>	8 unidades <sup>3</sup>	3.5 / unidad
	30 unidades <sup>2</sup>	8 unidades <sup>3</sup>	3.75 / unidad
	34 unidades <sup>2</sup>	8 unidades <sup>3</sup>	4.25 / unidad

**Tabla 2.7. Compacidades para un mismo volumen y distinta forma**

*Fuente: Elaboración propia.*

No obstante, la compacidad no ha de tomarse como una meta sino más bien como una consideración más a tener en cuenta en el diseño arquitectónico.

### 3. Reflectividad térmica.

La absorción de la radiación solar en verano, fundamentalmente en climas cálidos, puede regularse mediante el uso de materiales reflectivos en fachada.

Reflectividad y absorptividad son dos propiedades de los materiales cuya suma de valores es igual a uno.

$$\text{Reflectividad} + \text{Absortividad} = 1$$

El uso de materiales reflectantes es una medida muy interesante a tener en cuenta en el diseño de viviendas pasivas, si bien en entornos urbanos puede tener el inconveniente de generar deslumbramientos y brillos.

En la siguiente tabla se muestra una relación de materiales con sus respectivas reflectividades.

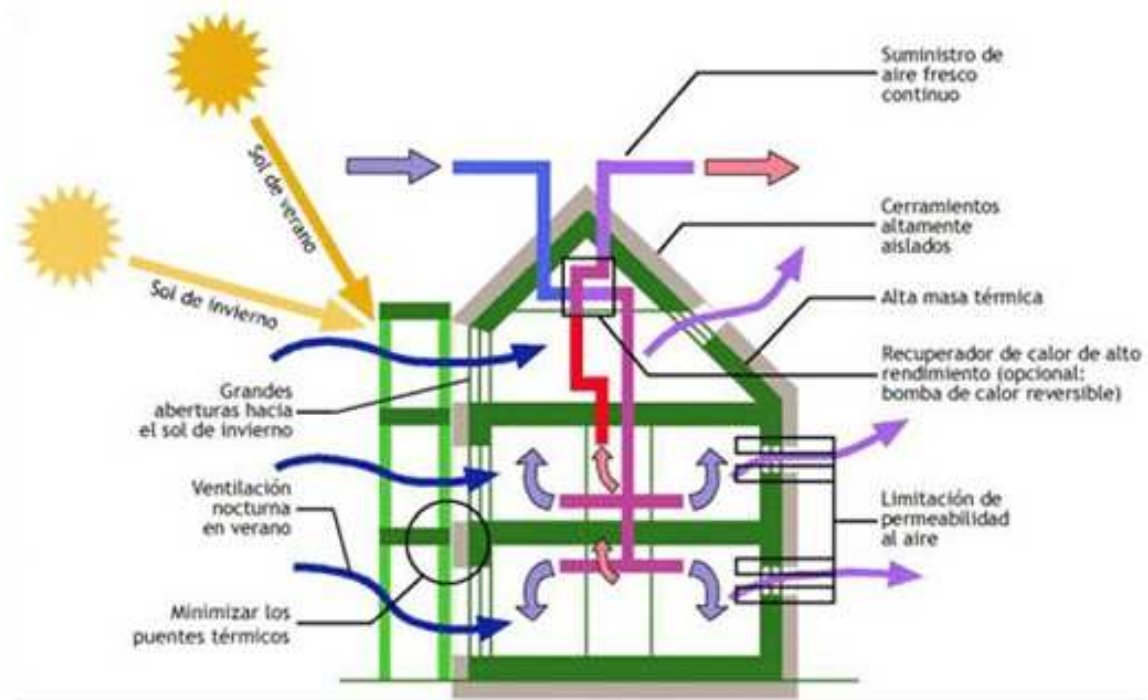
Meterial	Reflectividad	Material	Reflectividad
Cobre liso	0.82	Hojas verdes de árbol	0.21-0.29
Aluminio liso	0.8	Acero rugoso	0.25
Zinc blanco	0.78	Teja cerámica roja	0.25
Nieve limpia	0.65-0.8	Lámina bituminosa	0.18
Acero galvanizado	0.62	Pizarra	0.12
Mármol blanco	0.54	Asfalto	0.07

**Tabla 2.8. Reflectividad media de diferentes materiales.**

Fuente: (Wassouf, De la casa pasiva al estándar Passivhaus, 2014, pág. 30)

### ***2.5.2 Criterios de la arquitectura Passivhaus***

Los criterios de la arquitectura Passivhaus quedan reflejados en la siguiente Fig. 2.23, donde se hace referencia a las medidas de la arquitectura pasiva contempladas en el apartado anterior así como a medidas específicas al estándar en cuestión.

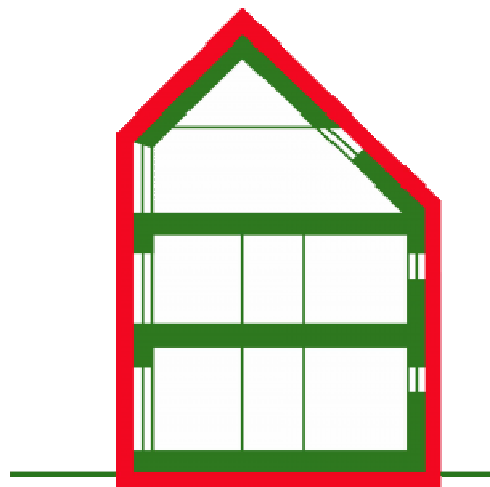


**Fig. 2.23. Criterios de la arquitectura Passivhaus.**

*Fuente: (Wassouf, Energiehaus-Edificios Pasivos)*

A continuación se exponen estos criterios fundamentales de la arquitectura Passivhaus, en relación al aislamientos térmico, inercia térmica, ausencia de puentes térmicos, alta calidad de ventanas y puertas, hermeticidad, ventilación controlada con recuperador de calor, y ventilación natural cruzada en verano. (Wassouf, De la casa pasiva al estándar Passivhaus, 2014).

### 1. Aislamiento térmico:



**Fig. 2.24. Criterio de aislamiento térmico en Passivhaus**

*Fuente: (Wassouf, Energiehaus-Edificios Pasivos)*



Sirve para aislar el interior del edificio del clima exterior. Evidentemente, para ello ha de existir un gradiente de temperatura interior-exterior, y cuanto mayor sea la diferencia mayor será el grado de eficacia del aislamiento.

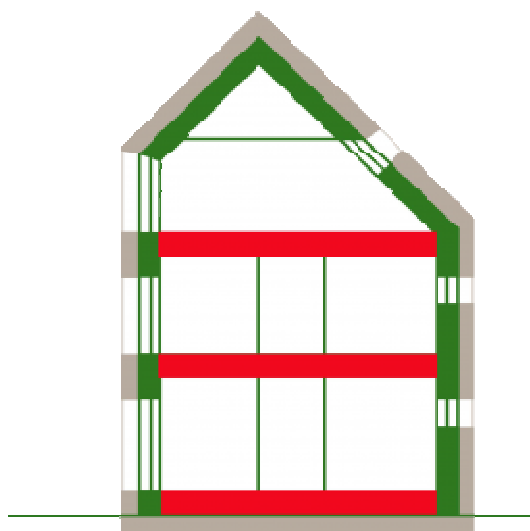
El aislamiento térmico se cuantifica mediante el concepto de *transmitancia térmica*, en  $W/m^2K$ . Así, un aislamiento de  $0.15W/m^2K$  dejará pasar en  $1m^2$  de superficie  $0.15W$  cuando la diferencia de temperatura entre interior y exterior es de  $1^\circ K$ .

Por norma general convendrá aislar más la cubierta que las fachadas por una cuestión de incidencia solar.

En cuanto a las soleras, y en función del clima, puede convenir o no aislarlas. En climas centroeuropeos es una cuestión fundamental, sin embargo en climas cálidos puede no ser necesario. En climas cálidos en verano y fríos en invierno, como es el caso de gran parte de España, conviene aislar las soleras para minimizar pérdidas térmicas en invierno.

Para garantizar un aislamiento continuo en los edificios, el Passivhaus Institut ha definido la “Regla del rotulador”, que es una técnica de proyecto según la cual en los planos de planta y secciones se debe dibujar una línea continua sobre el aislamiento de la envolvente, y de su mismo espesor. Esta línea permite identificar los posibles puentes térmicos y la continuidad del aislamiento, garantizando una homogeneidad del comportamiento de la envolvente.

## 2. Inercia térmica



**Fig. 2.25. Criterio de inercia térmica en Passivhaus**

*Fuente: (Wassouf, Energiehaus-Edificios Pasivos)*

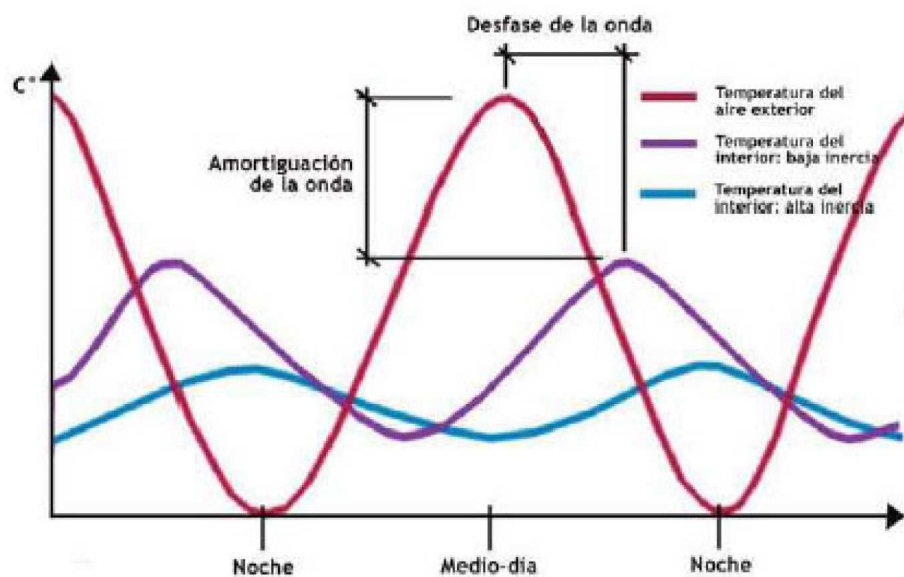


*“Es la capacidad de un elemento constructivo en contacto directo con el aire de absorber y almacenar una cantidad determinada de energía hasta alcanzar un punto de saturación en el que el flujo energético se invierte y la energía vuelve a fluir desde el elemento constructivo hacia el aire” (Wassouf, Energiehaus-Edificios Pasivos).*

Por tanto, la inercia térmica se convierte en un gestor de energía, acumulando calor durante el día y disipándolo en la noche.

Es fundamental tener presentes los conceptos de amortiguación de la onda térmica y desfase entre ondas de interior y exterior, determinantes de la inercia térmica:

- **Amortiguación de la onda térmica:** Mide en tanto por ciento (%) la diferencia de temperaturas entre interior y exterior. Conviene valores comprendidos entre 85-95%, es decir, que sólo un 5% del calor exterior penetre al interior.
- **Desfase de ondas:** Tiempo requerido para entrar desde el exterior la máxima de temperatura de un día de calor. Recomendable un desfase mínimo de 10 horas, de manera que el pico de calor de las 15:00 h no penetre al interior hasta la 1:00 h.



**Fig. 2.26. Amortiguación de onda y desfase de onda**

*Fuente: (Wassouf, De la casa pasiva al estándar Passivhaus, 2014)*

El mecanismo de inercia térmica consiste en:

- En verano, los elementos másicos con gran inercia térmica absorben calor de los espacios interiores, acumulándolo y disipándolo por la noche mediante una ventilación eficaz.
- En invierno, los elementos másicos con gran inercia térmica absorben calor durante el día para después devolverlo al ambiente interior durante la noche.

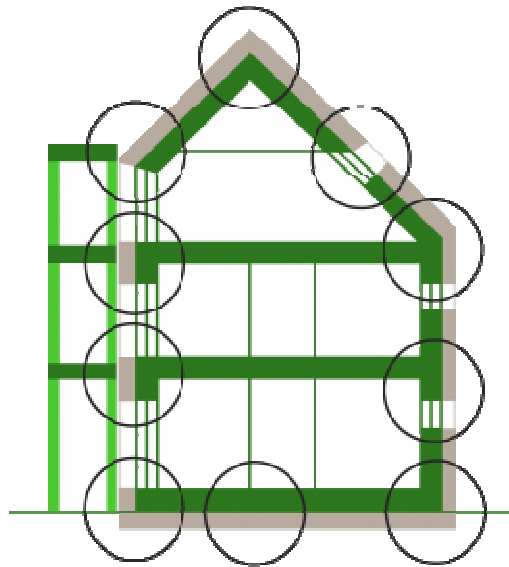
Por tanto, para ambos casos se trata de un mecanismo de refrigeración y calefacción pasivo.

Entre los materiales de gran inercia térmica podemos encontrar:

- Materiales tradicionales: el agua, el granito, la tierra seca o el adobe, con capacidades caloríficas entre 500-1000 Kcal/m<sup>3</sup>°C.
- Materiales habituales en construcción:
  1. La madera, el ladrillo, y el hormigón, con capacidades caloríficas en torno a 400 Kcal/m<sup>3</sup>°C.
  2. Aislantes térmicos como la lana mineral, EPS y poliuretano, con capacidades caloríficas inferiores a 40 Kcal/m<sup>3</sup>°C.

El estándar Passivhaus concentra la inercia térmica en los forjados, como se aprecia en la figura Fig. 2.25, para aumentar el confort en verano. No obstante, la estrategia principal para mantener una correcta temperatura interior se basa en evitar la entrada de la radiación solar mediante la envolvente térmica y elementos de protección solar.

### 3. Ausencia de puentes térmicos



**Fig. 2.27. Criterio de ausencia de puentes térmicos en Passivhaus**

*Fuente: (Wassouf, Energiehaus-Edificios Pasivos)*

Los puentes térmicos son lugares críticos de la envolvente donde el flujo de energía es mayor que en el resto. Pueden ser puntuales o lineales, siendo estos últimos los que mayor repercusión presentan respecto a la eficiencia energética del edificio.

Evidentemente, en edificios poco aislados térmicamente los puentes térmicos no tienen especial relevancia ya que no suponen una variación importante en cuanto a comportamiento térmico del resto de la envolvente. De manera contraria, en edificios altamente aislados, como es el caso del estándar Passivhaus, la presencia de puentes térmicos supone mermas energéticas importantes con respecto al resto de la envolvente.

De la misma manera, se puede afirmar que un puente térmico es mucho más relevante en un clima centroeuropeo que en un clima cálido, debido al mayor gradiente de temperatura entre interior y exterior.

Los problemas derivados de la existencia de puentes térmicos no se limitan a los mayores flujos energéticos, sino que además se pueden producir humedades en los cerramientos como consecuencia de un enfriamiento de los mismos y una posible condensación interior.

Los puentes térmicos se pueden clasificar según sean:

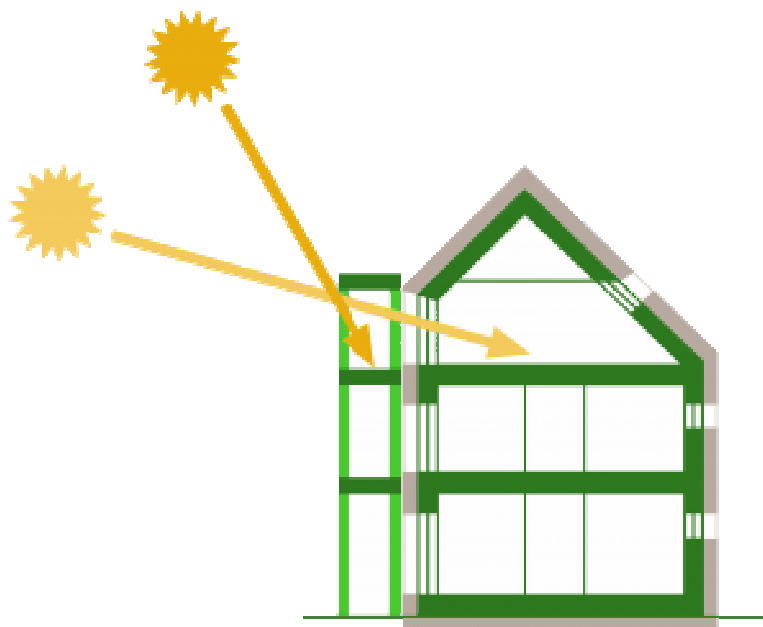
1. *Constructivos*: Debidos a cambios de espesor de los elementos de la envolvente.
2. *Geométricos*: Se producen en las esquinas de los elementos de la envolvente.
3. *Por cambios de material*: Se producen cuando aparece un material de mayor conductividad que el elemento de la envolvente en que se halla.

Las estrategias planteadas por el Passivhaus Institut para tratar los puentes térmicos son las siguientes:

1. *Evitar*: Crear un aislamiento térmico continuo. (Regla del rotulador).
2. *Penetrar*: Si no es posible la continuidad, en los puntos de discontinuidad utilizar elementos de baja transmitancia térmica.
3. *Conectar*: Conectar los diferentes elementos constructivos de la envolvente sin interrumpir aislamientos térmicos.

Se supondrá que no existe puente térmico lineal cuando la transmitancia lineal no supere un valor de  $0,01\text{W/m}^{\circ}\text{K}$ .

#### 4. Alta calidad de ventanas y puertas



**Fig. 2.28. Criterio de alta calidad de puertas y ventanas en Passivhaus**

*Fuente: (Wassouf, Energiehaus-Edificios Pasivos)*

Las ventanas son el elemento más débil de la envolvente térmica energéticamente hablando. Por ello, el Passivhaus Institut ha establecido unos criterios de control muy rigurosos:

- *Transmitancia térmica de las ventanas* (Incluido vidrio y carpintería)  $\leq 0.8\text{W/m}^2\text{K}$  en climas centroeuropeos (Mediante vidrios dobles y triples, de baja emisividad, rellenos de gas noble como el argón, y carpinterías de altas prestaciones), si bien en climas cálidos son posibles transmitancias mayores.
- *Factor solar  $g^{26}$*  de los vidrios, que dependerá del tipo de clima y las orientaciones. Así, en climas centroeuropeos es aconsejable factor solar elevado para minimizar la demanda energética de calefacción. En climas cálidos el factor solar podrá reducirse, y deberá variar en función de las orientaciones. En el caso de la zona del Mediterráneo, el factor solar  $g$  puede adoptar los siguientes valores orientativos:
  - Norte:  $g=0.6$
  - Sur:  $g=0.4$

---

<sup>26</sup> Se define el factor solar  $g$  como: Cociente entre la radiación solar a incidencia normal que se introduce en el edificio a través del vidrio y la que se introduciría si el acristalamiento se sustituyese por un hueco transparente. Es decir, a mayor  $g$ , mayor radiación solar se introduce en el edificio a través del vidrio.

- Este:  $g=0.5$
- Oeste:  $g=0.5$

Las ventanas deberán estar enrasadas con el aislamiento térmico evitando puentes térmicos, y poseer una elevada hermeticidad al paso del aire.

En cuanto a las puertas de entrada, en climas centroeuropeos tendrán una transmitancia térmica de  $0.8\text{W/m}^2\text{K}$  al igual que las ventanas, siendo posibles valores superiores en climas cálidos.

El mayor reto de las puertas de entrada ha sido conseguir el nivel de hermeticidad requerido por el estándar ( $\leq 0.6/\text{h}$ ).

Existen puertas y ventanas certificadas Passivhaus, que aseguran sus prestaciones en cuanto a características térmicas y de hermeticidad. No obstante, no es preciso que estos elementos constructivos posean la certificación, bastando con que se produzcan según características similares.

En España, la primera carpintería certificada Passivhaus la ha desarrollado la empresa *Torinco SL*, con su perfil *Eurotorr 92*, ajustado a la costa Mediterránea, con un marco de madera con transmitancia térmica  $U=1.2\text{W/m}^2\text{K}$ . No requiere aislamiento adicional, por lo que la huella ecológica<sup>27</sup> es muy baja.



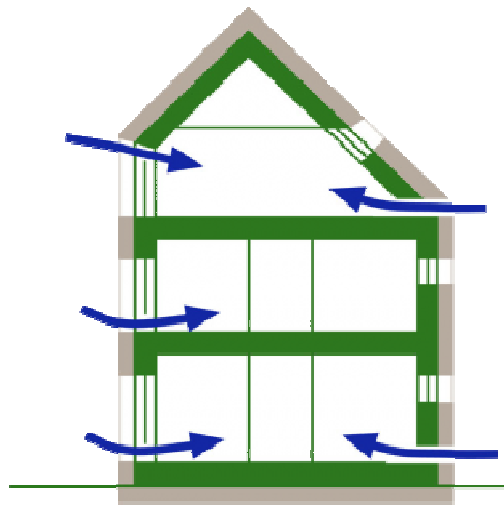
**Fig. 2.29. Perfil Eutorr 92, certificado Passivhaus**

*Fuente: (Wassouf, Energiehaus-Edificios Pasivos)*

---

<sup>27</sup> La huella ecológica es un Indicador de Sostenibilidad, que hace referencia a la superficie de tierra necesaria para producir los recursos y absorber los residuos de una ciudadano medio de una comunidad humana concreta.

## 5. Hermeticidad



**Fig. 2.30. Criterio de hermeticidad en Passivhaus**

*Fuente: (Wassouf, Energiehaus-Edificios Pasivos)*

Ya que una de las premisas principales del estándar Passivhaus es un elevado aislamiento térmico, es preciso asegurar la hermeticidad del edificio evitando pérdidas energéticas no deseadas, que provocan flujo de aire caliente hacia el exterior en invierno y hacia el interior en verano.

Una elevada hermeticidad tiene un efecto positivo desde un punto de vista energético, y además evita la incomodidad de corrientes de aire y reduce el riesgo de condensaciones.

Los efectos de la hermeticidad son más pronunciados en el caso de climas fríos que en climas cálidos, como ocurre con otros aspectos del estándar.

La comprobación de la hermeticidad se realiza mediante el test Blower Door (Puerta que sopla o ventilador), ver Fig. 2.31. Se trata de una prueba de presurización, consistente en un ventilador colocado en una puerta o ventana exterior generando una diferencia de presión de 50 Pa. Normalmente este ventilador produce una despresurización, si bien también es posible que presurice, realizándose entonces la medida de la hermeticidad del edificio objeto de estudio.

La hermeticidad de la envolvente debe arrojar un resultado según Norma EN132829 inferior a 0.6 renovaciones de aire por hora como requisito para obtener la certificación Passivhaus.



**Fig. 2.31. Test Blower-Door**

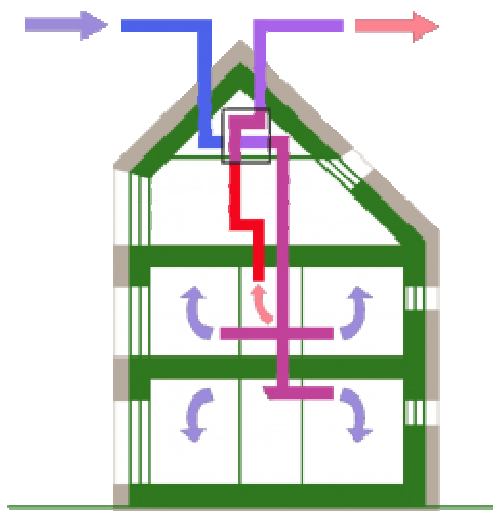
Fuente: [www.cimaconstruccion.com](http://www.cimaconstruccion.com)

Para el control de la hermeticidad en proyecto se pueden seguir las siguientes recomendaciones:

Regla del lápiz: Dibujar una línea roja y continua que defina la hermeticidad en planos de planta y sección.

- Definir materiales y hermeticidades.
- Definir encuentros entre elementos constructivos.
- Considerar la hermeticidad en los pliegos de condiciones y formar a los instaladores.
- Considerar la durabilidad de los materiales empleados así como su renovación.

## 6. Ventilación controlada con recuperación de calor



**Fig. 2.32. Criterio ventilación con recuperador de calor en Passivhaus**

*Fuente: (Wassouf, Energiehaus-Edificios Pasivos)*

La función de la ventilación es asegurar la calidad del aire interior de los edificios, extrayendo agentes perjudiciales como el CO<sub>2</sub> y otros gases nocivos; el vapor de agua generado por el cuerpo humano así como las actividades humanas; componentes orgánicos volátiles derivados de algunos acabados interiores (Pinturas, lacados, etc.); olores de la actividad humana.

Los sistemas de ventilación pueden ser:

- *Ventilación natural:*

Sistema fundamental en Passivhaus en climas cálidos. (Ver próximo apartado de Ventilación natural cruzada).

- *Ventilación híbrida:*

Es la que establece normativamente el CTE para viviendas. Se trata de hacer circular el aire mediante ventiladores situados en las estancias húmedas. El aire del exterior entra al interior a través de aireadores o aperturas de admisión, y pasa a los locales húmedos a través de rejillas de paso desde donde se extrae el aire viciado.

El inconveniente de este sistema es la pérdida energética y las posibles corrientes de aire con sus posibles molestias.

- *Ventilación con recuperador de calor:*

Se trata de una ventilación de doble flujo, con un sistema de extracción y otro de admisión con recuperador de calor (Intercambia calor del aire de extracción con el aire de admisión para mantener la temperatura).

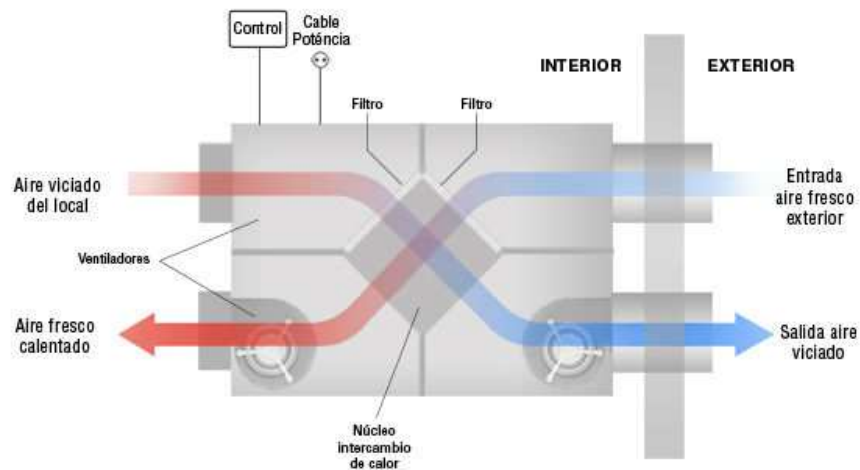


Es el sistema de ventilación utilizado por el estándar Passivhaus. Permite una alta hermeticidad de la envolvente con respecto a los otros dos sistemas de ventilación, resultando ventajoso para:

- Clima exterior frío o muy cálido.
- Ruidos en exterior.
- Contaminación exterior.

El equipo de este tipo de ventilación se compone de:

1. Recuperador de calor con dos ventiladores y filtro de aire.
  - Se aconseja el uso de recuperador de calor con certificado Passivhaus. El rendimiento nominal mínimo de un recuperador certificado Passivhaus ha de ser del 75%, existiendo incluso del 90%.
  - Los ventiladores han de tener consumos bajos. Para ser certificados Passivhaus no pueden superar los  $0.45\text{Wh/m}^3$ .
  - Se recomienda que el nivel acústico en las estancias debido a ventiladores no supere 25dB(A) y en la estancia en que se sitúa la máquina los 35dB(A).



### 2.33. Esquema de recuperador de calor

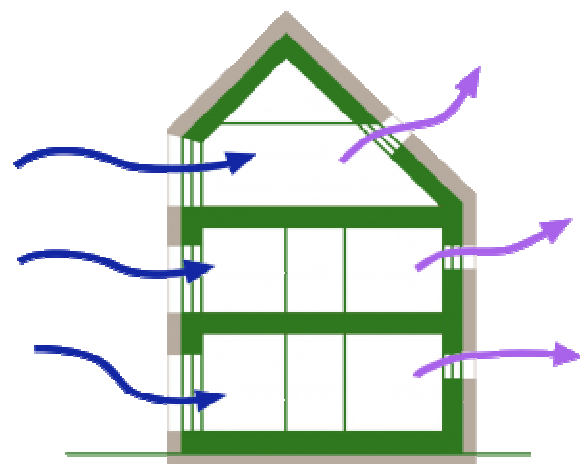
Fuente: [www.recuperadoresdec calor.es](http://www.recuperadoresdec calor.es)

2. Conductos de admisión y conductos de extracción:
  - Tubos de acero galvanizado de sección circular o tubos de polipropileno/polietileno de sección circular o cuadrada.
3. Componentes adicionales:
  - Amortiguadores acústicos.

En cuanto al dimensionado del sistema, el Passivhaus Institut establece:

- Se debe asegurar una ventilación de  $30\text{m}^3$  por persona y hora para edificios de uso residencial. (Valor normalmente inferior al de las normativas europeas).
- Los caudales de admisión y extracción deberán estar equilibrados, con un desfase máximo del 10% para la certificación Passivhaus.

### 7. Ventilación natural cruzada en verano



**Fig. 2.34. Criterio de ventilación natural cruzada en Passivhaus**

*Fuente: (Wassouf, Energiehaus-Edificios Pasivos)*

La ventilación natural constituye un sistema fundamental en la arquitectura Passivhaus de zonas cálidas. Puede ser cruzada o estratificada (Por diferencia de temperaturas verticales).

La ventilación cruzada se basa en diferencias de presiones del viento, entrando por una fachada del edificio y saliendo por la fachada opuesta. Resulta muy eficaz en zona cálidas donde bajan las temperaturas en la noche, y no tanto en zonas con noches cálidas y aire húmedo (Zonas costeras). Según un estudio del Instituto Meteotest de Suiza, queda comprobado que la costa mediterránea tiene un potencial bajo de refrigeración por ventilación natural.

Los inconvenientes de este tipo de ventilación son los ruidos, la contaminación, la seguridad, etc. Todos ellos derivados de la exposición al ambiente exterior inmediato.

### 2.5.3 Certificación Passivhaus

La definición oficial del estándar Passivhaus:

*“Un edificio pasivo es aquél que puede garantizar el confort climático suministrando la energía para calefacción y/o refrigeración sólo a través del aire de ventilación. Este caudal de ventilación es el mínimo necesario para garantizar la higiene de las estancias interiores (30m<sup>3</sup>h por persona en uso residencial)”. (Wassouf, De la casa pasiva al estándar Passivhaus, 2014).*

Esta definición no prohíbe la disposición de sistemas de calefacción y/o refrigeración, simplemente contempla que el suministro de energía mediante la propia ventilación pueda ser suficiente.

En cuanto a los criterios generales de certificación Passivhaus, quedan reflejados en la siguiente figura:



**Tabla 2.9. Criterios generales de certificación Passivhaus**

*Fuente: (Wassouf, Energiehaus-Edificios Pasivos)*

De esta manera, para la certificación Passivhaus será preciso cumplir los cuatro criterios generales, así como otros criterios indirectos según se refleja en la siguiente tabla:

CRITERIOS GENERALES DE CERTIFICACIÓN PASSIVHAUS:	
1.	Demanda de energía para calefacción: <b>≤15 KWh/m²año</b> Carga de calefacción: <b>≤10 W/m²</b>
2.	Demanda de energía para refrigeración: <b>≤15 KWh/m²año</b> Carga de refrigeración: <b>≤10 W/m²</b>
3.	Consumo de energía primaria para calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria y electricidad: <b>≤120 KWh/m²año</b>
4.	Hermeticidad al paso del aire: <b>≤0.6 renovaciones/hora</b>

OTROS CONDICIONANTES:	
1.	Ventilación: 30m <sup>3</sup> por persona y hora (edificios residenciales)
2.	Recuperador de calor.

**Tabla 2.10. Criterios generales de certificación Passivhaus y otros condicionantes**

*Fuente: Elaboración propia*

Las cargas de calefacción y refrigeración son dos criterios ligados a las demandas de calefacción y refrigeración respectivamente. La limitación a 10W/m<sup>2</sup> es fundamental para no sobredimensionar los sistemas de climatización conectados al sistema de ventilación. La esencia de Passivhaus es conseguir calefactar y refrigerar la vivienda a través del mismo aire de ventilación, sin necesidad de sobredimensionar este sistema, y esto se consigue precisamente mediante cargas de calefacción y refrigeración muy bajas.

### 2.5.4 Comparativa Estándar Passivhaus – CTE

En la siguiente tabla se establece una comparativa entre los criterios Passivhaus para la certificación con los mismos criterios establecidos en el CTE en caso de existir.

	PASSIVHAUS	CTE
<b>CRITERIOS GENERALES DE CERTIFICACIÓN</b>		
Demanda de calefacción	<b><math>\leq 15 \text{ KWh/m}^2\text{año}</math></b>	(HE-1) $D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,sup}/S$ Alicante: Zona climática de invierno B <b><math>\leq 15 \text{ KWh/m}^2\text{año}</math></b>
Demanda de refrigeración	<b><math>\leq 15 \text{ KWh/m}^2\text{año}</math></b>	(HE-1) <b><math>\leq 15 \text{ KWh/m}^2\text{año}</math></b> <b>(Excepto zona climática 4, <math>\leq 20 \text{ KWh/m}^2\text{año}</math>)</b> <b><math>20 \text{ KWh/m}^2\text{año}</math></b>
Consumo de energía primaria	<b><math>\leq 120 \text{ KWh/m}^2\text{año}</math></b>	(HE-0) $C_{ep,lim} = C_{ep,base} + F_{ep,sup}/S$ En función de zona climática
	Incluye consumo de calefacción, refrigeración, ACS y electricidad doméstica y auxiliar	Incluye para viviendas: Consumo de calefacción, refrigeración, y ACS.
	Limita el consumo de energía primaria total.	Limita el consumo de energía primaria no renovable
Hermeticidad	<b><math>\leq 0.6</math> renovaciones/hora</b>	(HE-1) Tabla 2.3. Permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente térmica. Clases de carpintería función UNE-EN-12207
<b>OTROS CONDICIONANTES</b>		
Ventilación	<b><math>30\text{m}^3</math> por persona y hora</b> (edificios residenciales)	(HS-3) tabla 2.1. Caudales de ventilación mínimo exigidos. (Según ocupantes, aseos y cuartos de baño, y cocinas).
Recuperador de calor	Obligatorio	No obligatorio.

**Tabla 2.11. Comparativa criterios Passivhaus – CTE**

Fuente: Elaboración propia

De donde se puede observar que:

- Los valores límite de demanda de calefacción y refrigeración son muy similares para ambos casos, siendo más restrictiva la demanda de refrigeración en el caso de Passivhaus.
- El consumo de energía primaria está limitado a un valor fijo en Passivhaus, mientras que en el CTE depende de la zona climática. El consumo limitado por Passivhaus es de energía primaria total, e incluye calefacción, refrigeración, ACS y electricidad doméstica y auxiliar, mientras que el consumo limitado por el CTE es de energía primaria no renovable y sólo incluye calefacción, refrigeración y ACS en el caso de uso vivienda.
- La hermeticidad se mide en Passivhaus a nivel global mediante el test Blower Door, mientras que en el CTE se limita la permeabilidad de los elementos constructivos de la envolvente de forma individual.
- La ventilación en Passivhaus se halla con un criterio global para toda la vivienda, mientras que en el CTE se especifican ventilaciones mínimas por estancia tipo.
- En Passivhaus el recuperador de calor es condición obligatoria, en el CTE es voluntario.

### ***2.5.5 Actualización del estándar Passivhaus al ECCN***

La inminente aplicación obligatoria de las exigencias del Edificio de Consumo Casi Nulo (ECCN) a los edificios públicos en 2018, y a la totalidad de los edificios en 2020, según Directiva 2010/31/UE, ha creado la necesidad en el Passivhaus Institut de actualizar el estándar.

Recordemos que el estándar fue ideado en 1988, y puesto en práctica por primera vez en Darmstadt en 1991. En aquellos años, en España estaba vigente en materia de eficiencia energética la NBE-CT-79, una normativa muy poco exigente en cuestiones energéticas. Sin embargo, en Alemania, un país con un clima tan severo en invierno, el estándar comenzaba a ponerse en práctica, lo cual para la realidad de la España de la época suponía algo inalcanzable y todo un alarde de medios.

No obstante, debido a las Directivas Europeas en materia de eficiencia energética, los distintos países fueron adaptando y haciendo más exigentes sus normativas, resultando para el caso de España el CTE con su DBHE de 2006, y su posterior actualización del 2013.

Estas normativas, si bien no han llegado a superar al estándar Passivhaus en cuanto a criterios generales, sí han llegado a ponerse a la altura en ciertos aspectos, generando una posible duda en cuanto a la necesidad y utilidad de la certificación Passivhaus.

A estas normativas actuales, se suma la inminencia de aplicación de las exigencias del ECCN, que sin lugar a duda superará al estándar Passivhaus en determinados aspectos, sobre todo en cuanto al empleo de energías renovables. Por ello, en 2015 se actualizaron los criterios de certificación según queda reflejado en la siguiente tabla:

Tabla 1 Criterios Casa Pasiva						
				Criterios <sup>1</sup>	Criterios alternativos <sup>2</sup>	
<b>Calefacción</b>						
Demanda de calefacción	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	≤		15	-	
Carga de calefacción <sup>3</sup>	[W/m <sup>2</sup> ]	≤		-	10	
<b>Refrigeración</b>						
Demanda refrigeración + deshum.	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	≤		15 + contribución deshumidificación <sup>4</sup>	valor límite variable <sup>5</sup>	
Carga de refrigeración <sup>6</sup>	[W/m <sup>2</sup> ]	≤		-	10	
<b>Hermeticidad</b>						
Resultado ensayo de presión n <sub>50</sub>	[1/h]	≤		0,6		
<b>Energía Primaria Renovable (PER)<sup>7</sup></b>				Classic	Plus	Premium
Demanda PER <sup>8</sup>	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	≤		60	45	30
Generación de energía renovable <sup>9</sup> (con referencia a la huella proyectada del edificio)	[kWh/(m <sup>2</sup> a)]	≥		-	60	120
				±15 kWh/(m <sup>2</sup> a) desviación respecto a los criterios... ...con compensación de la desviación mostrada arriba mediante diferentes valores de generación		

**Tabla 2.12. Criterios actualizados de certificación Passivhaus (2015)**

*Fuente: (Wassouf, Energiehaus-Edificios Pasivos)*

El estándar crea categorías de certificación según Classic, Plus y Premium, al igual que lo hacen muchos de los sistemas de certificación medioambiental, y se introducen criterios referentes a las energías renovables como la *Demanda de Energía Primaria Renovable* (EPR) y la *Generación de Energía Primaria* (EPR).

No hay que perder de vista que el estándar Passivhaus es un estándar de carácter voluntario, cuyo interés radica precisamente en estar un paso por delante de la normativa para generar un valor añadido a las edificaciones. Si bien durante muchos años el estándar Passivhaus constituyó todo un referente en cuanto a eficiencia energética, la constante evolución normativa ha obligado a su actualización para no quedar desfasado en cuanto a las nuevas exigencias, fundamentalmente las del ECCN.

### 2.5.6 Mapa de viviendas certificadas Passivhaus en España

En la siguiente figura se puede observar el número de edificios certificados Passivhaus existentes en la actualidad en España:



**Fig. 2.35. Distribución de edificios certificados Passivhaus en España**

*Fuente: Plataforma de Edificación Passivhaus*

A la vista del mapa, el número de edificios certificados Passivhaus en España sigue siendo limitado, concentrándose fundamentalmente en Cataluña con un total de trece. En la Comunidad Valenciana, sin embargo, sólo existen dos certificaciones.

Cabe señalar que a nivel comercial se están utilizando los términos de Edificio de Consumo Casi Nulo (ECCN), vivienda Passivhaus, etc. a modo de reclamo. De hecho, no hay más que tener en cuenta que el ECCN aún no tiene criterios establecidos por el CTE, encontrándose la norma en redacción, y en cuanto a las viviendas Passivhaus es muy posible que se anuncien como tal al cumplir sus requisitos o varios de ellos, pero no llegándose a certificar.



### 2.5.7 Ejemplos de viviendas Passivhaus en España

#### 1. Villa Moraira – Teulada, Comunidad Valenciana (2015)

Datos técnicos:

- Muro exterior: 0.281 W/m<sup>2</sup>K
- Cubierta: 0.312 W/m<sup>2</sup>K
- Solera: 0.395 W/m<sup>2</sup>K
- Envolvente térmica: 0.62 W/m<sup>2</sup>K
- Eficiencia del recuperador de calor: 95%
- Reutilización de aguas grises.



**Fig. 2.36. Villa Moraira, ejemplo Passivhaus.**

*Fuente: Plataforma de Edificación Passivhaus*

Se trata de un proyecto de vivienda ejecutado con sistemas constructivos tradicionales: Muros de carga y forjados de viguetas de madera y bovedillas curvas, que combinados con sistemas pasivos han conseguido unos muy bajos consumos de calefacción y refrigeración.

Aspectos remarcables:

- El estándar de construcción Passivhaus en absoluto está reñido con los sistemas constructivos tradicionales.

#### 2. Villa Castelldefels – Castelldefels, Cataluña (2016)

Datos técnicos:

- Aislamiento de fibras de madera ecológico.
- Carpinterías de madera y vidrios de control solar.
- Sistema de ventilación mecánica de doble flujo con recuperador de calor entálpico.

- Producción térmica con bomba de calor aerotérmica (ACS y climatización).
- Estufa de biomasa.
- Demanda de calefacción: 14.5 KWh/m<sup>2</sup>año
- Demanda de refrigeración: 17.3 KWh/m<sup>2</sup>año



**Fig. 2.37. Vivienda Castelldefels, ejemplo Passivhaus.**

*Fuente: Plataforma de Edificación Passivhaus*

Vivienda realizada con estructura de madera, disponiendo un aislamiento de fibras de madera en el interior de la misma, además de un SATE<sup>28</sup> exterior.

Acabado blanco exterior para una mayor reflectividad, con carpinterías de madera y vidrios con control solar.

Al sistema de ventilación se le ha incorporado una batería para post-tratamiento del aire impulsado, calefactándolo o refrigerándolo.

Aspectos remarcables:

- Posibilidad de incorporar sistemas de climatización a las viviendas Passivhaus.
- Sistema SATE de aislamiento térmico como solución óptima para la continuidad del mismo.

### 3. Casa Sol y Viento - Mijas, Andalucía (2015).

Datos técnicos:

- Empleo de energía solar térmica y fotovoltaica.
- Bomba de calor para apoyo al calentamiento de ACS en invierno.
- Colector geotérmico para el precalentamiento o enfriamiento del aire de ventilación.

<sup>28</sup> SATE: Sistema de Aislamiento Térmico Exterior.

- Aprovechamiento de aguas pluviales para riego de jardín y suministro de cisternas de inodoros.



**Fig. 2.38. Casa Sol y Viento, ejemplo Passivhaus.**

*Fuente: Plataforma de Edificación Passivhaus*

Esta vivienda está ejecutada con estructura convencional de hormigón armado.

Posee un sistema de control solar automático que se pone en funcionamiento en función de la posición del sol.

Incorpora algunos criterios ecológicos como la utilización de aguas pluviales para riego y suministro de inodoros, así como el uso de materiales ecológicos como la madera de pino en ventanas, corcho como aislamiento en tejado, lana mineral en SATE, y pintura interior ecológica sin disolventes.

Aspectos remarcables:

- La energía solar térmica y fotovoltaica se puede integrar perfectamente con el estándar Passivhaus.
- El estándar Passivhaus es perfectamente compatible con otros criterios de arquitectura ecológica y de sostenibilidad.
- La inmótica<sup>29</sup> constituye una gran ventaja en cuanto a ahorro energético de las edificaciones, por lo que se debe tener en cuenta.
- Considerar la geotermia como posible fuente de calefacción y refrigeración del aire de ventilación.

---

<sup>29</sup> La Inmótica hace referencia a la automatización de edificios mediante elementos tecnológicos.

### **2.5.8 Conclusiones sobre el estándar Passivhaus**

1. Se trata de un estándar que tiene como base los criterios de la arquitectura pasiva de la arquitectura tradicional, como son: control de orientaciones en relación a la radiación solar, compacidad del edificio y reflectividad de los materiales de fachada.
2. A estos criterios de arquitectura pasiva se le suman otros criterios específicos que acaban de completar el estándar como son: Aislamiento térmico continuo y de gran calidad, inercia térmica, ausencia de puentes térmicos, alta calidad de ventanas y puertas, hermeticidad, ventilación controlada con recuperación de calor y ventilación natural cruzada en verano.
3. Es perfectamente compatible con sistemas estructurales convencionales, como las estructuras porticadas de hormigón armado.
4. El estándar no está reñido con sistemas de calefacción y climatización, siendo las bombas de calor reversibles una buena solución para climas cálidos.
5. El estándar se presta a incorporar criterios de ecología y sostenibilidad, como el uso de materiales ecológicos, el aprovechamiento del agua de lluvia para riego y suministro de inodoros, así como sistemas de reciclaje de aguas grises y cualquier otro sistema similar.
6. La inermia puede ser un excelente sistema de ahorro energético, posibilitando sistemas de control solar automatizados.
7. La incorporación de sistemas de producción de energía renovables se alinea con la directiva del Edificio de Consumo Casi Nulo para el 2020, siendo recomendable el uso de placas solares térmicas o fotovoltaicas, la geotermia, etc.
8. En términos generales, se pueden incorporar al estándar todos aquellos sistemas que contribuyan a la eficiencia energética, ecología y sostenibilidad, siempre y cuando se cumpla con los criterios generales e indirectos de certificación.

### 3 OBJETIVOS

El objetivo fundamental del presente TFM, una vez analizado el Estado del Arte en cuanto al Estándar Passivhaus y su comparativa con el CTE, es evaluar la posibilidad de aplicación del estándar Passivhaus a una vivienda ubicada teóricamente en Alicante.

El estándar de construcción Passivhaus goza de gran aceptación en países centroeuropeos, fundamentalmente en Alemania de donde procede, pero en países como España el número de viviendas certificadas Passivhaus sigue siendo muy bajo, como queda reflejado en el mapa de viviendas certificadas Passivhaus de la Fig. 2.35.

Por ello, mediante este trabajo, se pretende comprobar si efectivamente la baja aplicación del mismo tiene motivaciones de tipo constructivo, energético o económico, o simplemente no se implanta el estándar por una cuestión de reticencia al cambio.

Para ello se realizará una comparativa entre dos viviendas con un mismo diseño formal, pero realizadas bajo los estándares Passivhaus y del CTE respectivamente, que permita la comparación de diferentes cuestiones relacionadas con:

- Componentes constructivos.
- Eficiencia energética.
- Coste y tiempo de amortización.
- Emisiones de CO<sub>2</sub>.

La metodología a seguir para alcanzar los objetivos señalados queda plasmada en el siguiente apartado de *Metodología*.

## 4 METODOLOGÍA

La metodología a seguir para conseguir los objetivos marcados en el apartado anterior será:

1. Estudio de bibliografía y programas informáticos a emplear.
2. Aplicación práctica de los criterios del Passivhaus a una vivienda teórica ubicada en Alicante:
  - Componentes de la vivienda Passivhaus.
  - Criterios de arquitectura pasiva: Orientaciones, compacidad, reflectividad.
  - Criterios Passivhaus: Aislamiento térmico, inercia térmica, ausencia de puentes térmicos (Regla del rotulador), alta calidad de ventanas y puertas, hermeticidad, recuperador de calor, ventilación natural cruzada.
  - Criterios generales de certificación:
    1. Demanda de calefacción y refrigeración:  **$\leq 15 \text{ KWh/m}^2\text{año}$**
    2. Cargas de calefacción y refrigeración:  **$\leq 10 \text{ W/m}^2$**
    3. Consumo de energía primaria para calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria y electricidad doméstica y auxiliar:  **$\leq 120 \text{ KWh/m}^2\text{año}$**
    4. Hermeticidad al paso del aire:  **$\leq 0.6 \text{ renovaciones/hora}$**
  - Criterios actualizados de certificación:
    1. Demanda de energía primaria renovable (PER)
      - Classic  $\leq 60 \text{ Kwh/m}^2\text{a}$
      - Plus  $\leq 45 \text{ Kwh/m}^2\text{a}$
      - Premium  $\leq 30 \text{ Kwh/m}^2\text{a}$
    2. Generación de energía renovable (Con referencia a la huella proyectada)
      - Classic: -
      - Plus  $\geq 60 \text{ Kwh/m}^2\text{a}$
      - Premium  $\geq 120 \text{ Kwh/m}^2\text{a}$
3. Aplicación de las disposiciones del CTE, así como componentes habituales, a la misma vivienda bajo un criterio de cumplimiento de mínimos:
  - Componentes de la vivienda según CTE.
  - Demanda energética de calefacción y refrigeración.
  - Consumo energético.

4. Comparativa entre la vivienda Passivhaus y la realizada según el CTE:
  - Componentes.
  - Demandas de calefacción y refrigeración.
  - Consumos energéticos.
  - Hermeticidad.
  - Ventilación.
5. Presupuestos y tiempo de amortización entre Passivhaus y CTE:
  - Comparativa de precios.
  - Tiempo de amortización en función del presupuesto y el consumo de energía final.
6. Cálculo de emisiones de CO<sub>2</sub> de las viviendas Passivhaus y CTE.
  - Comparativas.
7. Conclusiones finales:
  - Respecto a los objetivos planteados.
  - Respecto a las limitaciones de los softwares empleados.
  - Personales.

## 5 CASO DE ESTUDIO

### 5.1 Softwares utilizados

Para el desarrollo del presente caso de estudio se va a hacer uso de diferentes programas como son:

1. Autocad versión 2017: Software de Autodesk, para dibujo 2D y modelado 3D. En este caso se utiliza para el diseño y delineación 2D, así como para modelizar en 3D la vivienda objeto de estudio y exportar a Artlantis Studio 6 para su renderizado.
2. Artlantis Studio 6: Software para renderizado, a partir de modelos tridimensionales importados de otros programas 3D como Autocad, Archicad, Sketchup, etc. Permite asignar materiales, luces, introducir objetos y renderizar, pero no modelizar.
3. Cype versión 2016: Programa con el que se desarrolla el grueso del trabajo. Dispone de diferentes módulos, y se va a hacer uso de:
  - Cypecad Mep (Instalaciones del Edificio): Programa adaptado al CTE que permite el cálculo de demandas y consumos energéticos, así como de las instalaciones del edificio.
  - Arquímedes: Programa para mediciones, presupuestos y control de obra. Se utiliza para la realización de presupuestos.
  - Generador de precios: Generador de precios de la construcción de forma paramétrica. Relacionado con Cypecad Mep y Arquímedes.
  - Generador de presupuestos: Generador de presupuestos globales en función de la tipología de construcción, superficies y calidades.

La relación entre los módulos permite diseños realistas mediante la introducción en los modelos de componentes existentes en el mercado, así como la cuantificación de los distintos precios.

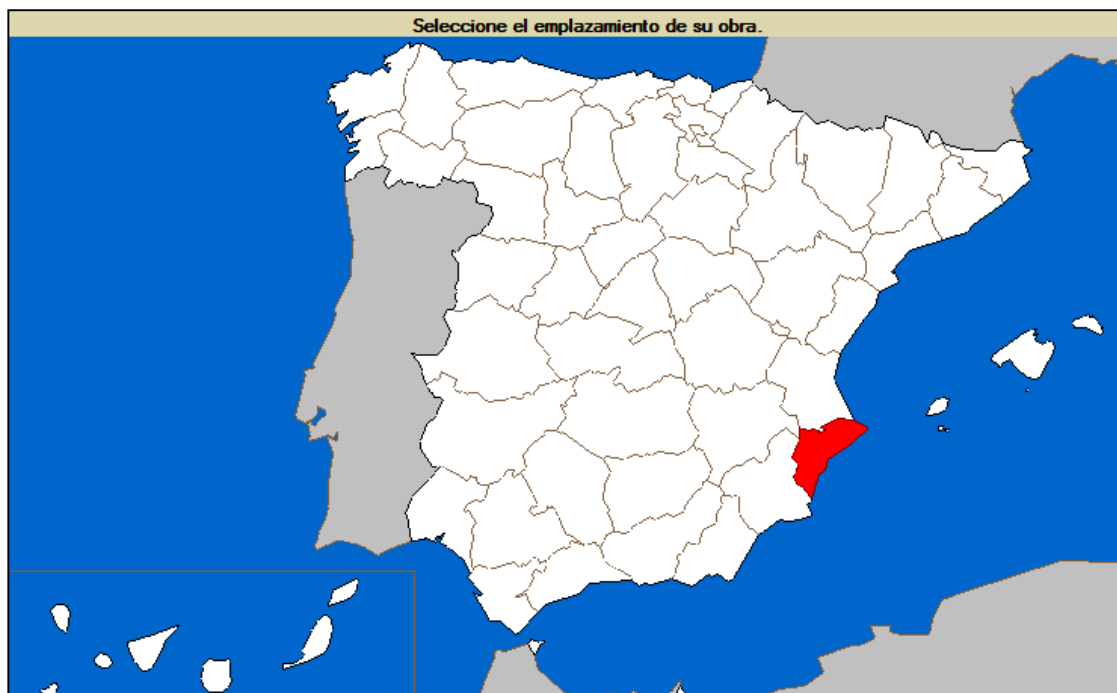


## 5.2 Ubicación de la vivienda objeto de estudio

La vivienda objeto de estudio se ubica teóricamente en Alicante. Esta ubicación responde a una motivación profesional, puesto que la provincia de Alicante es el ámbito de desarrollo de mi trabajo como arquitecto.

No se opta por un solar específico y real donde realizar el diseño de la vivienda Passivhaus por no ser relevante esta cuestión dentro del propósito del estudio a realizar, que no es más que determinar la posibilidad de desarrollo del estándar Passivhaus en Alicante, a una vivienda de características normales en cuanto a superficies útiles y construidas.

La ubicación geográfica es fundamental en el diseño arquitectónico, pues determina unas condiciones externas de temperatura y humedad para invierno y verano, que resultan determinantes en el diseño de la envolvente y de las instalaciones térmicas.



**Fig. 5.1. Ubicación de la vivienda Passivhaus: Alicante ciudad**

*Fuente: Cypecad Mep*

### 5.3 Diseño de vivienda según estándar Passivhaus

En este apartado se van a poner en práctica los criterios del estándar Passivhaus estudiados en el estado del arte del presente trabajo.

La arquitectura Passivhaus parte de una base de arquitectura pasiva a la que se la añaden unos componentes o criterios específicos que componen en su conjunto el estándar, existiendo unos criterios generales de certificación y unos criterios actualizados al ECCN.

Puesto que el cumplimiento estricto y riguroso de los criterios de certificación exigiría un grado de especialización en el estándar muy avanzado, además de disponer del Software PHPP (Passive House Planning Package) para el cálculo, dimensionado y certificación de la vivienda, se opta por poner en práctica los siguientes criterios, que si bien no permitirían la certificación estricta, sí son muy representativos del estándar en cuestión y permitirán obtener conclusiones sobre su puesta en práctica en relación a la vivienda realizada según el CTE. Estos criterios son los siguientes:

1. Criterios de arquitectura pasiva: Orientaciones, compacidad y reflectividad.
2. Criterios Passivhaus:
  - Aislamiento térmico y ausencia de puentes térmicos (Regla del rotulador).
  - Inercia térmica y ventilación natural cruzada.
  - Hermeticidad. Alta calidad de ventanas y puertas.
  - Ventilación con recuperador de calor.
3. Criterios generales de certificación:
  - Demandas de calefacción y refrigeración:  **$\leq 15 \text{ KWh/m}^2\text{año}$**
  - Cargas de calefacción y refrigeración:  **$\leq 10 \text{ W/m}^2$**
  - Consumo de energía primaria para calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria y electricidad:  **$\leq 120 \text{ KWh/m}^2\text{año}$**
  - Hermeticidad al paso del aire:  **$\leq 0.6 \text{ renovaciones/hora}$**
4. Criterios actualizados de certificación:
  - Demanda de energía primaria renovable (PER)
  - Generación de energía renovable (Con referencia a la huella proyectada)

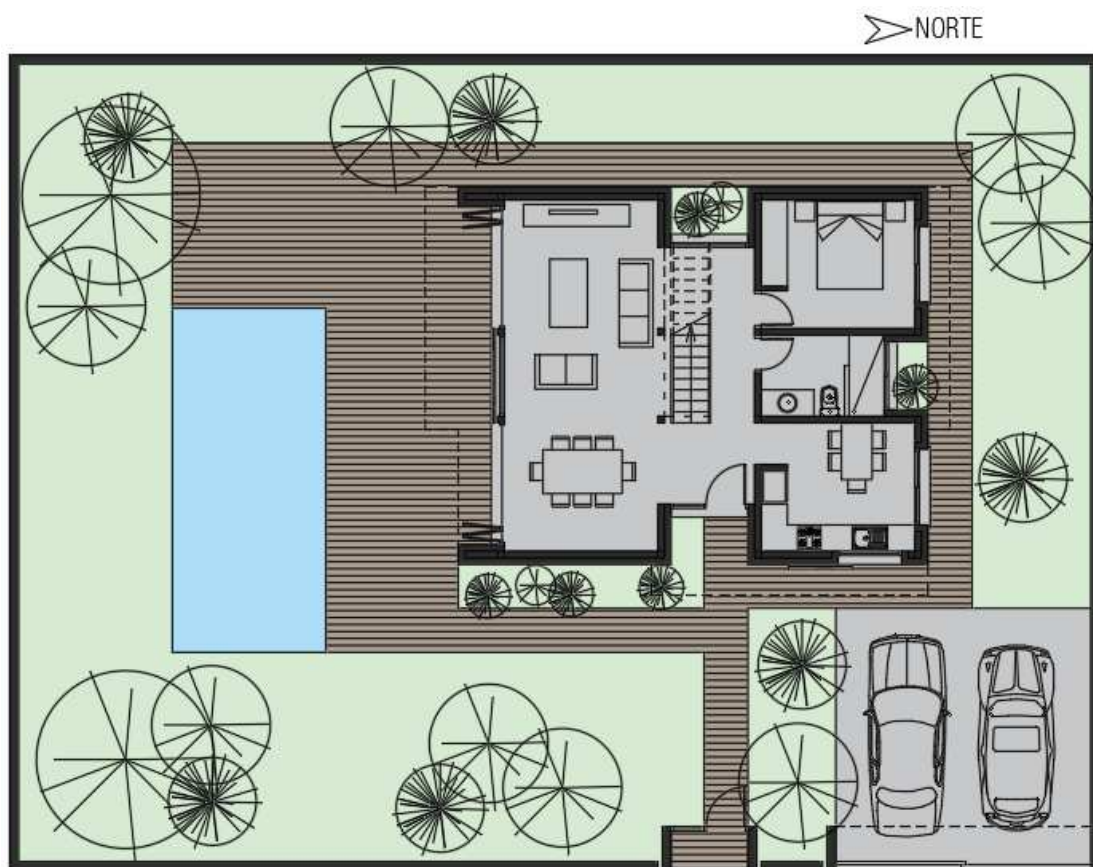
### 5.3.1 Descripción arquitectónica de la vivienda

La vivienda teórica diseñada es una vivienda aislada, en una parcela rectangular de 25.00x18.50m, es decir 462.50m<sup>2</sup>. La orientación norte está alineada con el lado largo de 25.00m.

En planta baja se desarrollan las zonas de día como son el estar-comedor y cocina, además de un dormitorio y un baño.

En planta primera se desarrollan tres habitaciones, una de ellas la principal con baño propio, otro baño, un estudio y una terraza.

La cubierta se destina a instalaciones: Paneles fotovoltaicos, bomba de calor para climatización, y salida de humos de cocina.



**Fig. 5.2. Planta general de la vivienda**

*Fuente: Elaboración propia*

Los espacios libres de la parcela se destinan a zonas verdes, piscina y zona de aparcamiento. En torno a la construcción se crea una zona pavimentada que permite rodear la vivienda, ensanchándose en la zona sur junto a la piscina.



**Fig. 5.3. Infografía 3D- 1**

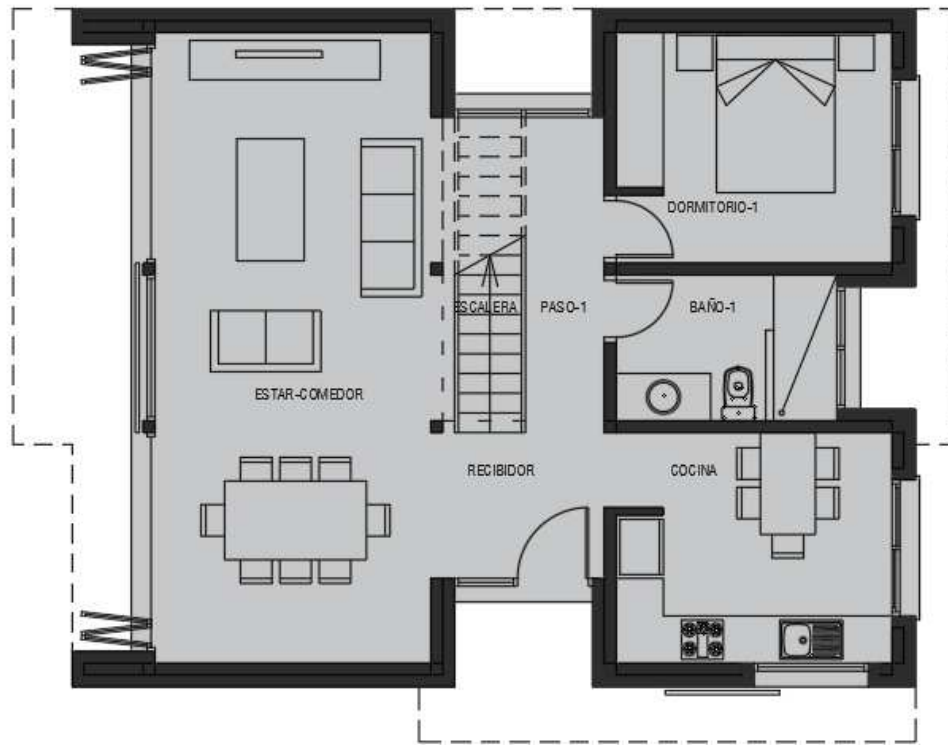
*Fuente: Elaboración propia*



**Fig. 5.4. Infografía 3D-2**

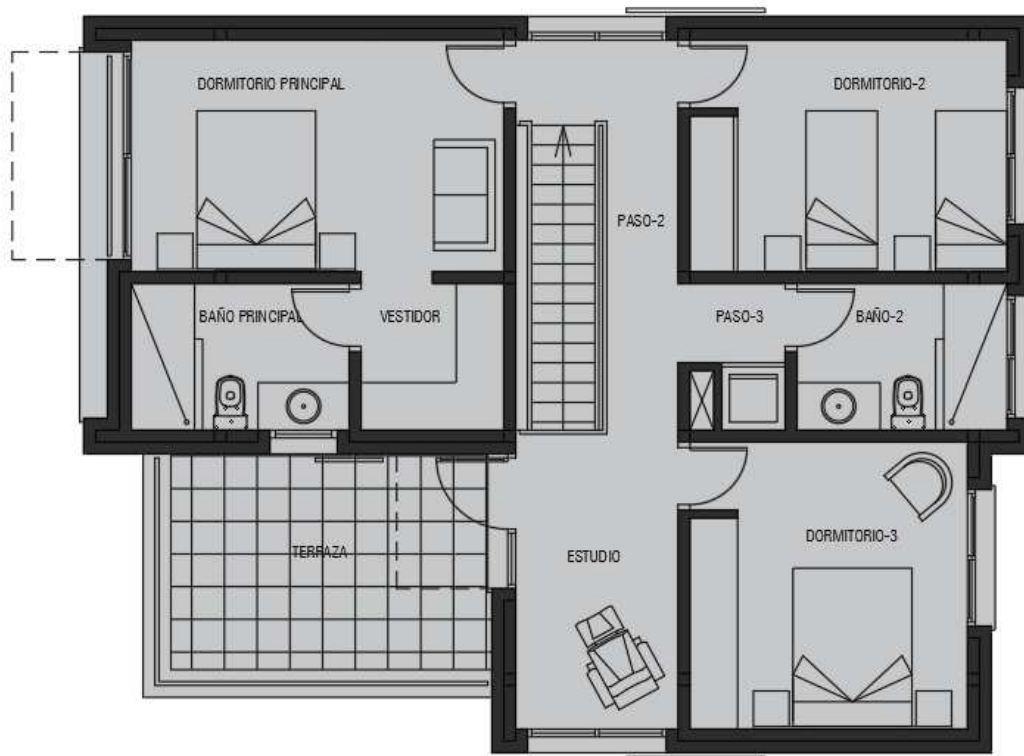
*Fuente: Elaboración propia*





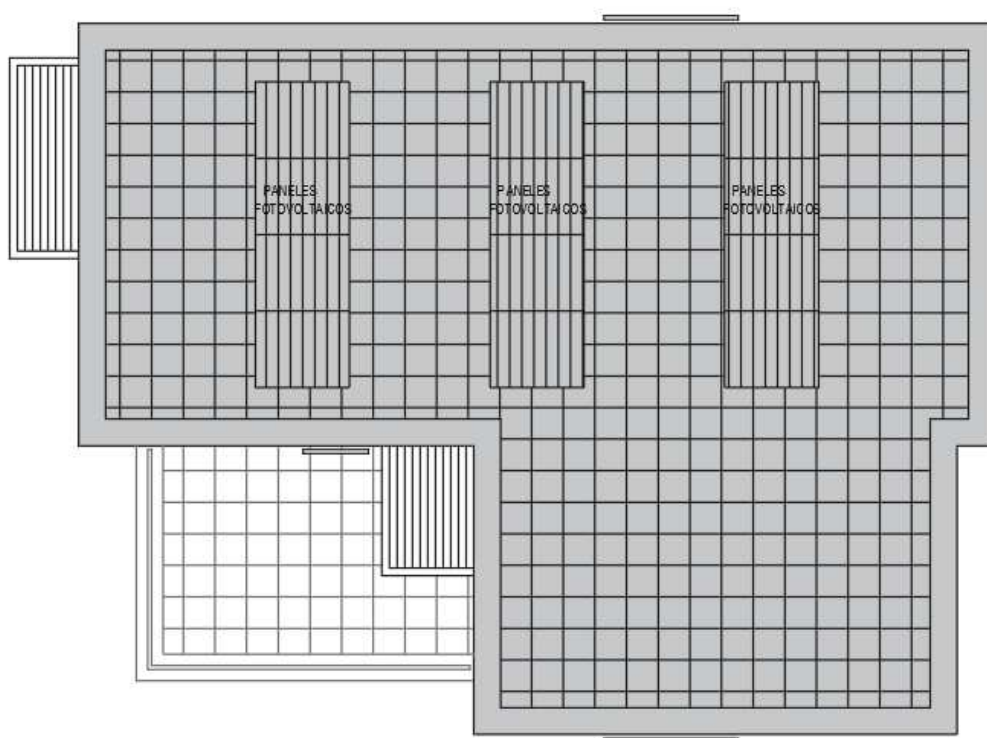
**Fig. 5.5. Planta baja**

*Fuente: Elaboración propia*



**Fig. 5.6. Planta primera**

*Fuente: Elaboración propia*



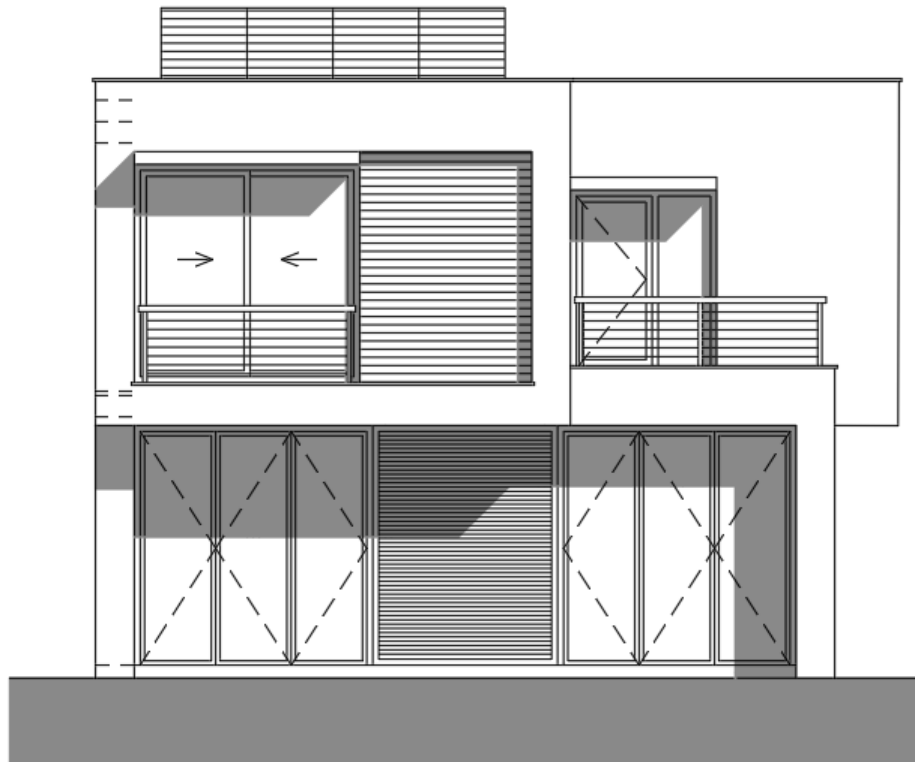
**Fig. 5.7. Planta de cubiertas**

*Fuente: Elaboración propia*

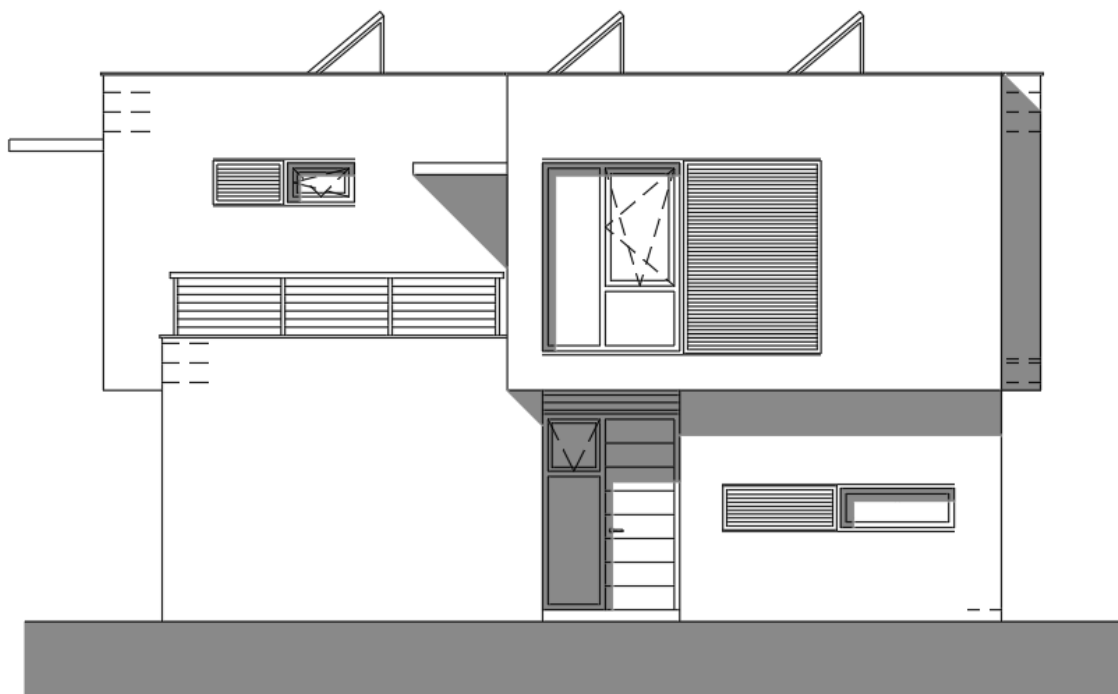


**Fig. 5.8. Alzado Norte**

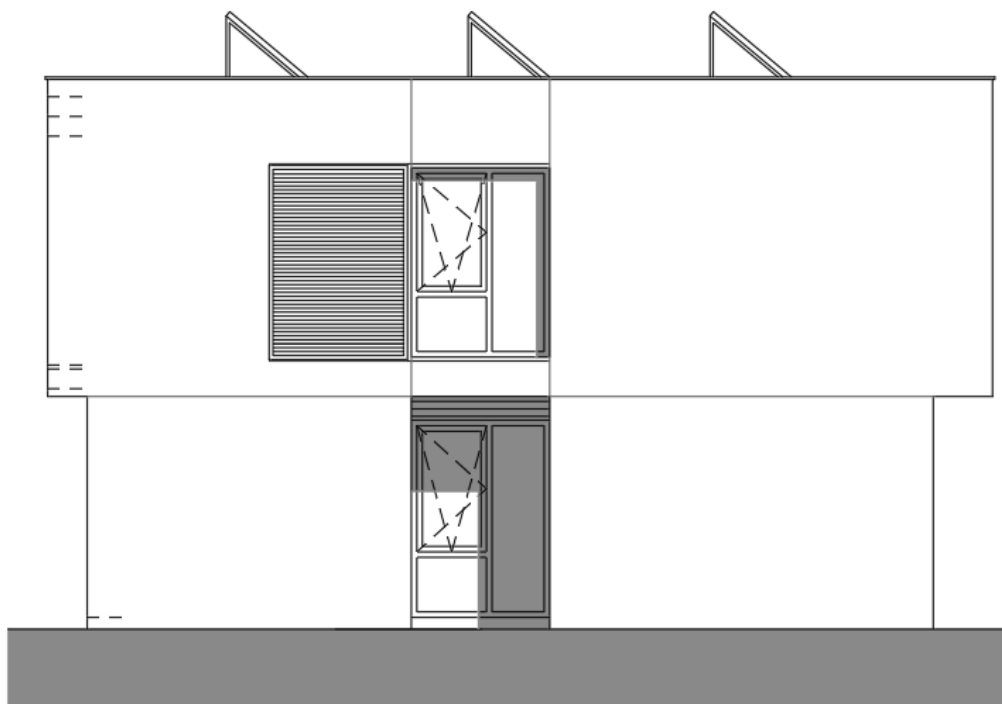
*Fuente: Elaboración propia*

**Fig. 5.9. Alzado Sur**

*Fuente: Elaboración propia*

**Fig. 5.10. Alzado Este**

*Fuente: Elaboración propia*



**Fig. 5.11. Alzado Oeste**

*Fuente: Elaboración propia*



**Fig. 5.12. Sección por escalera**

*Fuente: Elaboración propia*



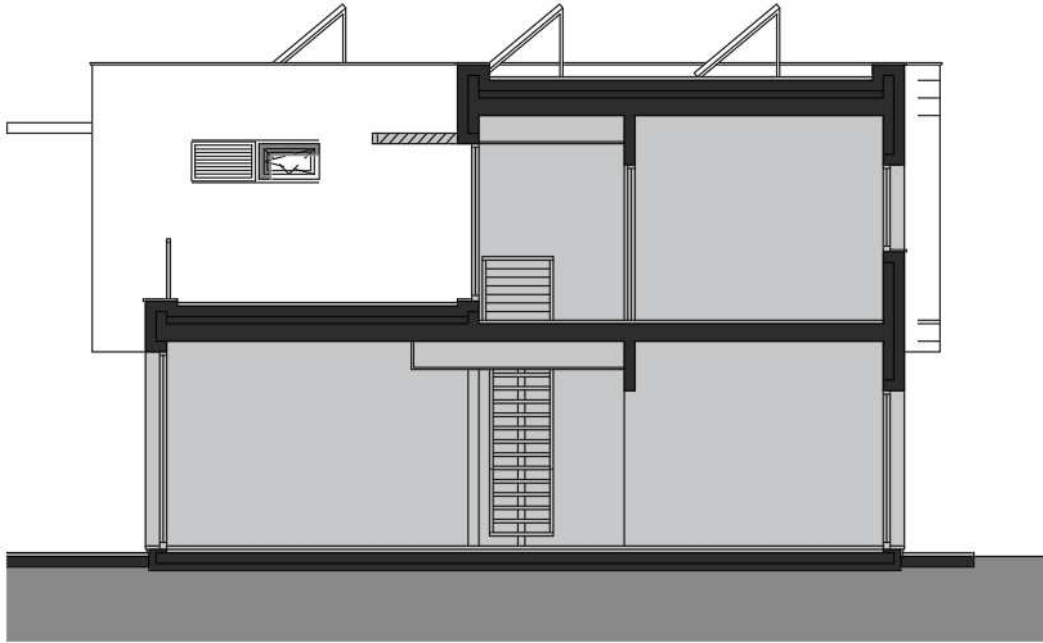


Fig. 5.13. Sección por cocina y comedor

Fuente: Elaboración propia

La distribución de superficies útiles y construidas quedan reflejadas en las siguientes tablas:

SUPERFICIE ÚTIL		
PLANTA	ESTANCIA	SUP (m2)
Baja	Recibidor	4.34
	Estar-comedo	29.83
	Cocina	10.99
	Paso-1	4.26
	Escalera	3.84
	Dormitorio-1	10.84
Primera	Baño-1	5.52
	Paso-2	6.34
	Paso-3	1.44
	Lavadora	0.72
	Estudio	8.02
	Dormitorio-2	12.40
	Dormitorio-3	13.45
	Dorm. Ppal.	14.65
	Vestidor	3.55
	Baño-2	5.22
	Baño ppal.	5.42
TOTAL		140.83

Tabla 5.1. Superficies útiles

Fuente: Elaboración propia

SUPERFICIE CONSTRUIDA				
PLANTA	ZONA	SUP (m2)	COMPUTA (%)	SUBTOTAL (m2)
Baja	Cerrado	81.40	100.00	81.40
	Volado-1	9.92	50.00	4.96
	Volado-2	6.29	50.00	3.15
	Volado-3	3.85	50.00	1.93
	Volado-4	1.88	50.00	0.94
Primera	Cerrado	89.81	100.00	89.81
<b>TOTAL</b>				<b>182.18</b>

Tabla 5.2. Superficies construidas

Fuente: Elaboración propia

### 5.3.2 Componentes de la vivienda Passivhaus

Los componentes a considerar en la vivienda Passivhaus y que se van a diferenciar de la vivienda según CTE, son los siguientes:

Componente	Descripción
<b>1. Fachada</b>	Fachada con sistema de aislamiento térmico exterior (SATE)
<b>2. Sistema de ventilación y climatización</b>	Por conductos, con recuperador de calor, fan coil interior y bomba de calor exterior.
<b>3. Carpinterías</b>	Dada la exigencia de hermeticidad del Passivhaus, se consideran carpinterías Clase-4 (Permeabilidad $\leq 3\text{m}^3/\text{hm}^2$ a 100Pa según UNE EN 12207). $U= 1.30$ .
<b>4. Vidrios</b>	En función de las orientaciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vidrios Sur: <math>U=1.1\text{W}/\text{m}^2\text{K}</math>, <math>g=0.18</math></li> <li>➤ Vidrios E,O,N: <math>U=1.1\text{W}/\text{m}^2\text{K}</math>, <math>g=0.15</math></li> </ul>
<b>5. Producción de ACS</b>	Bomba de calor para ACS, acumulación 180l, potencia=1.90Kw, COP=3.50
<b>6. Generación de energía renovable</b>	Instalación fotovoltaica de 12 paneles de 310Wp <sup>30</sup> con batería.

Tabla 5.3. Componentes de la vivienda Passivhaus

Fuente: Elaboración propia

<sup>30</sup> Wp es la potencia pico o máxima potencia que un panel fotovoltaico puede generar.

Justificación de los componentes:

1. Fachada:

Puesto que el estándar Passivhaus tiene como criterio la ausencia de puentes térmicos en la envolvente térmica, el sistema SATE es idóneo para evitar este fenómeno, envolviendo el aislamiento el total de la envolvente y enrasándose con las carpinterías para evitar puentes térmicos.

2. Sistema de ventilación y climatización:

El estándar Passivhaus exige la ventilación a través de recuperador de calor, y permite que se conecten al sistema de ventilación los sistemas de climatización, como es el caso.

3. Carpinterías:

La necesidad de una alta hermeticidad al paso del aire  $\leq 0.6$  renovaciones/hora, hace necesaria la disposición de carpinterías de muy baja permeabilidad. Por ello se opta por la Clase-4 (Permeabilidad  $\leq 3\text{m}^3/\text{hm}^2$  a 100Pa según UNE EN 12207), que son carpinterías prácticamente estancas. La disposición de estas carpinterías junto a un riguroso control de ejecución hacen presuponer el cumplimiento del ensayo Blower Door.

4. Vidrios:

Para conseguir bajas demandas de energía, tanto de calefacción como de refrigeración, se requieren transmitancias (U) muy bajas y factores solares (g) también bajos y diferentes según orientación, de modo que los orientados a sur tengan mayor factor solar y permitan la ganancia de energía solar en la estación de invierno.

5. Producción de ACS:

Según estudios realizados al respecto, el 30% de placas solares del país no funciona por cuestiones de mantenimiento y/o mala instalación. Esta situación ha llevado a que en la actualidad se opte por la instalación de bombas de calor para ACS, que evita la disposición de placas solares con su respectivo mantenimiento y además consumen menor cantidad de energía no renovable y emiten menor cantidad de CO<sub>2</sub>, según se refleja a continuación:

Generación ACS	Aeroterminia (Bomba de calor)	Solar con apoyo de termo eléctrico
1. Demanda ACS (Kwh/año) <sup>31</sup>	2,650.20	2,650.20
2. Demanda ACS cubierta por paneles solares (%)	0	60
3. Rendimiento	3.50	0.95
4. Fuente de energía	Electricidad	Electricidad
5. Consumo de energía final (Kwh/año)	$2,650.20 / 3.50 =$ <b>757.20</b>	$(2,650.20 \times 40\%) / 0.95 =$ <b>1,115.87</b>
6. Consumo de energía primaria no renovable (Kwh/año)	$757.20 \times 1.954^{32} =$ <b>1,479.57</b>	$1,115.87 \times 1.954 =$ <b>2,180.41</b>
7. Emisiones CO2 (KgCO2/año)	$757.20 \times 0.331^{33} =$ <b>250.63</b>	$1,115.87 \times 0.331 =$ <b>369.35</b>

Generación ACS	Aeroterminia (Bomba de calor)		Solar con apoyo de termo eléctrico
Consumo de energía primaria no renovable (Kwh/año)	$757.20 \times 1.954 =$ <b>1,479.57</b>	<	$1,115.87 \times 1.954 =$ <b>2,180.41</b>
Emisiones CO2 (KgCO2/año)	$757.20 \times 0.331 =$ <b>250.63</b>	<	$1,115.87 \times 0.331 =$ <b>369.35</b>

Tabla 5.4. Bomba de calor ACS Vs Solar con apoyo de termo eléctrico

Fuente: Elaboración propia

<sup>31</sup> Obtenido de la justificación DBHE-0 generada con Cype<sup>32</sup> Coeficiente de paso de energía eléctrica final a energía primaria no renovable según Tabla 5.5.<sup>33</sup> Factor de emisión de CO2 de energía eléctrica final, según Tabla 5.6.

Factores de conversión de energía final a primaria					
	Fuente	Valores aprobados			Valores previos (****)
		kWh E.primaria renovable /kWh E. final	kWh E.primaria no renovable /kWh E. final	kWh E.primaria total /kWh E. final	kWh E.primaria /kWh E. final
Electricidad convencional Nacional	(*)	0,396	2,007	2,403	
Electricidad convencional peninsular	(**)	0,414	1,954	2,368	2,61
Electricidad convencional extrapeninsular	(**)	0,075	2,937	3,011	3,35
Electricidad convencional Baleares	(**)	0,082	2,968	3,049	
Electricidad convencional Canarias	(**)	0,070	2,924	2,994	
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	(**)	0,072	2,718	2,790	
Gasóleo calefacción	(***)	0,003	1,179	1,182	1,08
GLP	(***)	0,003	1,201	1,204	1,08
Gas natural	(***)	0,005	1,190	1,195	1,01
Carbón	(***)	0,002	1,082	1,084	1,00
Biomasa no densificada	(***)	1,003	0,034	1,037	
Biomasa densificada (pelets)	(***)	1,028	0,085	1,113	

Tabla 5.5. Coeficientes de paso de energía final a primaria

Fuente: (Ministerios de Industria, 2016)

Factores de emisiones de CO2			
	Fuente	Valores aprobados	Valores previos (****)
		kg CO2 /kWh E. final	kg CO2 /kWh E. final
Electricidad convencional Nacional	(*)	0,357	
Electricidad convencional peninsular	(**)	0,331	0,649
Electricidad convencional extrapeninsular	(**)	0,833	0,981
Electricidad convencional Baleares	(**)	0,932	
Electricidad convencional Canarias	(**)	0,776	
Electricidad convencional Ceuta y Melilla	(**)	0,721	
Gasóleo calefacción	(***)	0,311	0,287
GLP	(***)	0,254	0,244
Gas natural	(***)	0,252	0,204
Carbón	(***)	0,472	0,347
Biomasa no densificada	(***)	0,018	neutro
Biomasa densificada (pelets)	(***)	0,018	neutro

Tabla 5.6. Factores de emisión de CO2

Fuente: (Ministerios de Industria, 2016)

## 6. Generación de energía renovable

Los nuevos criterios de certificación Passivhaus actualizados al ECCN, incorporan el criterio de generación de energía renovable, que permite clasificar las edificaciones certificadas en Classic, Plus y Premium.

Por ello, se van a considerar 12 paneles de 310Wp con batería, y en función de la energía generada se determinará en qué clasificación se encontraría la vivienda en una hipotética certificación.

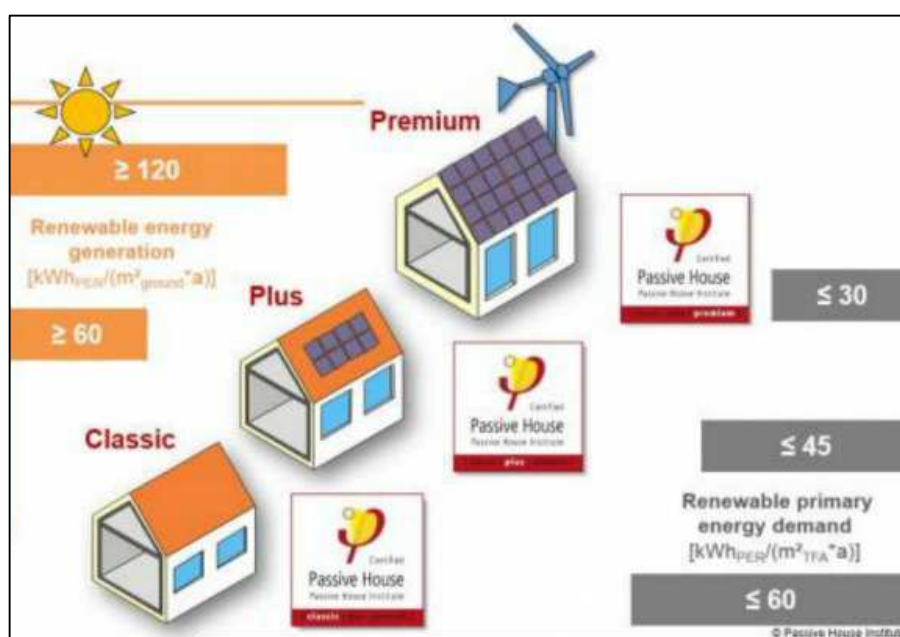


Fig. 5.14. Criterios de certificación Passivhaus actualizados al ECCN

Fuente: (Wassouf, Energiehaus-Edificios Pasivos)

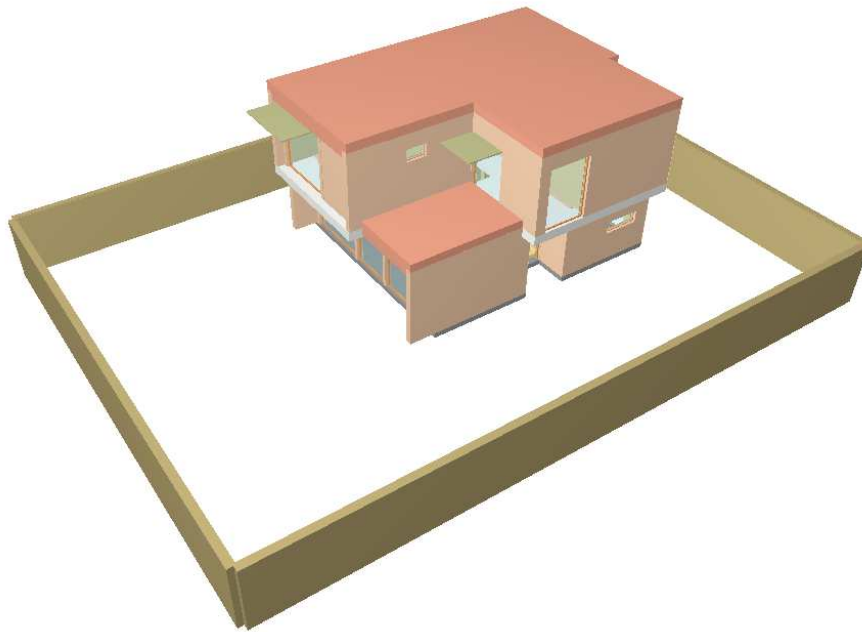
### 5.3.3 Criterios de arquitectura pasiva

La arquitectura pasiva constituye la base de toda vivienda Passivhaus, en torno a la cual se desarrolla el estándar mediante la incorporación de criterios Passivhaus específicos.

Los criterios de arquitectura pasiva contemplados en el presente proyecto son los siguientes:

#### 1. Orientaciones:

La vivienda orienta las zonas de día a sur, con grandes ventanales y voladizos, que permiten la entrada de radiación solar en invierno cuando la inclinación del sol es baja y la protección de la misma en verano.



**Fig. 5.15. Modelización de la vivienda en Cypecad Mep**

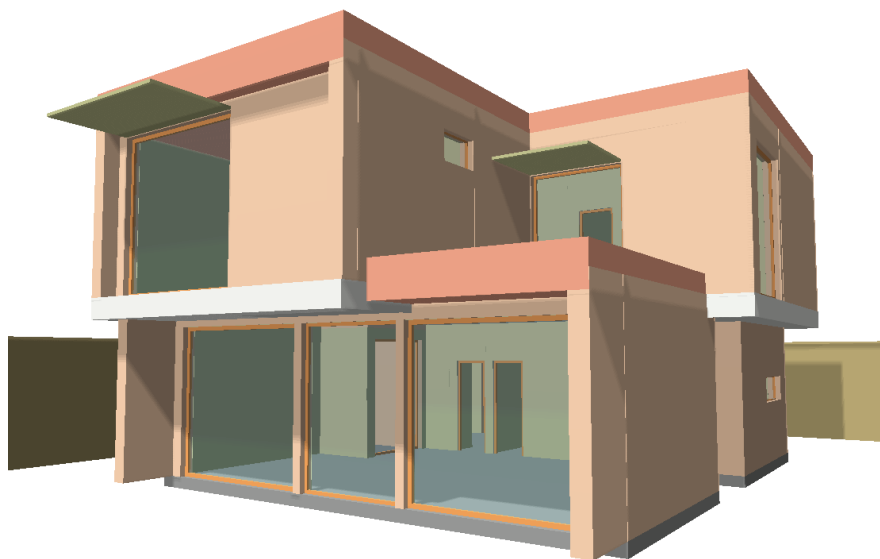
*Fuente: Elaboración propia*



**Fig. 5.16. Estudio solar fachada Sur. Invierno, 22 Diciembre, 12 horas**

*Fuente: Elaboración propia*

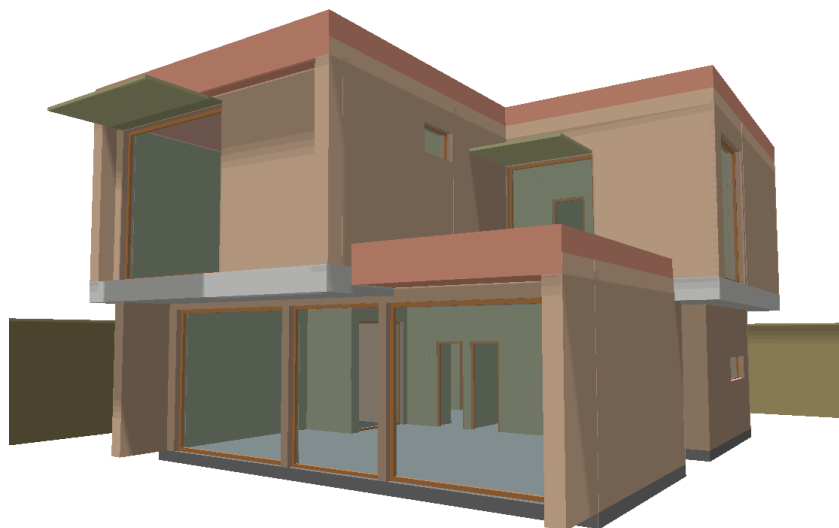
Como se puede observar en la Fig. 5.16, el sol en invierno penetra hasta el interior de las estancias orientadas a sur, permitiendo las ganancias energéticas por radiación solar que reduzcan los consumos energéticos en calefacción. Por ello para esta orientación se utilizan vidrios de menor factor solar ( $g$ ) que en el resto de las orientaciones, precisamente para permitir esa ganancia energética.



**Fig. 5.17. Estudio solar fachada Sur. Primavera, 22 Marzo, 12 horas**

*Fuente: Elaboración propia*

En primavera, los voladizos cubren parcialmente la radiación solar, consiguiendo un equilibrio de ganancias con respecto a la demanda energética de la estación considerada.

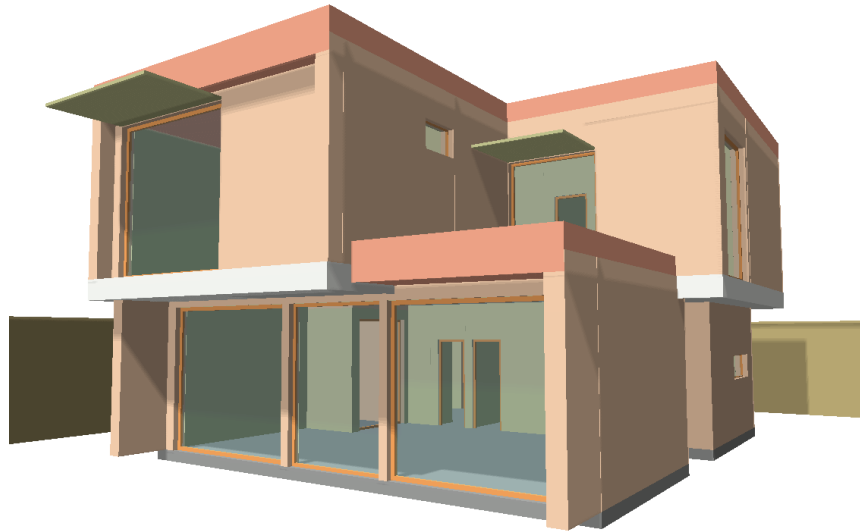


**Fig. 5.18. Estudio solar fachada Sur. Verano, 22 Junio, 12 horas**

*Fuente: Elaboración propia*

En verano los voladizos no permiten que la radiación solar penetre al interior de la vivienda, quedando todo su interior en sombra y evitando ganancias energéticas para reducir el consumo en refrigeración.



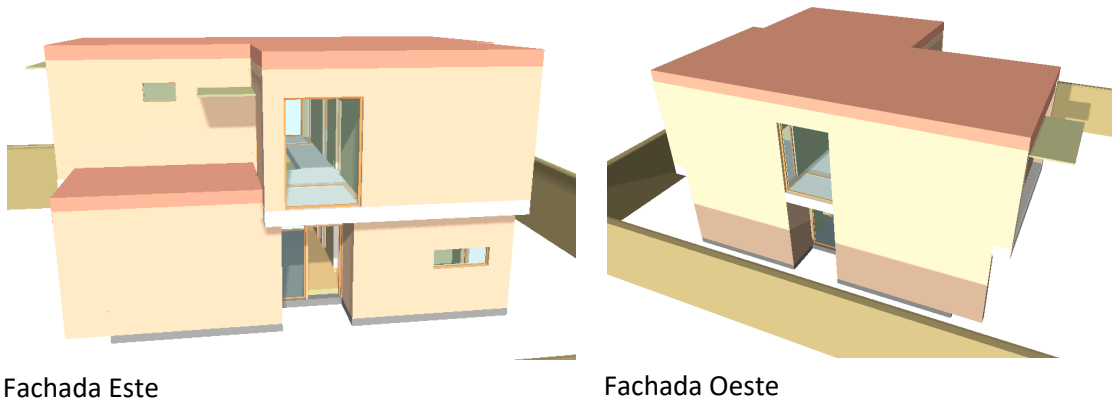


**Fig. 5.19. Estudio solar fachada Sur. Otoño, 22 Septiembre, 12 horas**

*Fuente: Elaboración propia*

En otoño se repite el caso de primavera, en que los voladizos cubren parcialmente la incidencia de radiación solar.

Las fachadas este y oeste no presentan apenas huecos, y los que hay disponen de elementos de protección solar vertical para el control del soleamiento en forma de mallorquinas correderas. (Ver Fig. 5.10 y Fig. 5.11).



**Fig. 5.20. Fachadas Este y Oeste<sup>34</sup>**

*Fuente: Elaboración propia*

<sup>34</sup> El programa Cypacad Mep permite considerar las mallorquinas de los huecos mediante el factor solar modificado, pero no se visualizan en el modelo 3D.

En cuanto a la fachada norte, los huecos realizados en esta fachada son controlados en cuanto a tamaño, con dimensiones inferiores el resto de fachadas, y evidentemente no requieren elementos de protección solar alguno.



**Fig. 5.21. Fachada Norte**

*Fuente: Elaboración propia*

## 2. Compacidad

La compacidad depende de la relación entre la superficie y el volumen. Cuanto menor es la relación, mayor es la compacidad.

$$Compacidad = \frac{Superficie}{Volumen} = \frac{m^2}{m^3}$$

En la arquitectura pasiva la compacidad es importante por el hecho de que, para un mismo volumen de edificio, se consigue una menor superficie de envolvente, y por tanto una menor pérdida o ganancia energética a través de la misma.

La vivienda proyectada objeto de estudio es bastante compacta, como se puede apreciar en las distintas imágenes tridimensionales del modelo en apartados anteriores. La superficie y volumen de la vivienda se especifican en las siguientes tablas:

SUPERFICIE DE ENVOLVENTE				
ELEMENTO	UNIDADES	LARGO o SUP	ANCHO	SUBTOTAL (m2)
Fachada Norte	1.00	60.85		60.85
Fachada Sur	1.00	60.85		60.85
Fachada Este	1.00	77.09		77.09
Fachada Oeste	1.00	77.09		77.09
Retranqueos	4.00	1.10	2.90	12.76
	2.00	0.70	2.90	4.06
Solera	1.00	81.40		81.40
Cubierta	1.00	102.30		102.30
Volados	1.00	9.92		9.92
	1.00	6.29		6.29
	1.00	3.85		3.85
	1.00	1.88		1.88
<b>TOTAL</b>				<b>498.34</b>

Tabla 5.7. Superficie de envolvente (m<sup>2</sup>)

Fuente: Elaboración propia

VOLUMEN EDIFICADO			
ELEMENTO	SUP	ALTO	SUBTOTAL (m3)
Planta baja	81.40	3.20	260.48
Planta primera	89.81	3.20	287.39
<b>TOTAL</b>			<b>547.87</b>

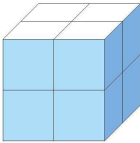
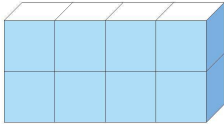
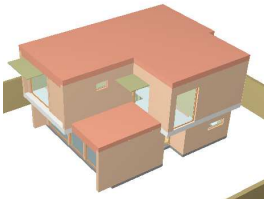
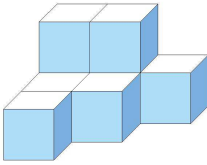
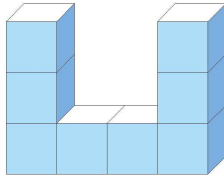
Tabla 5.8. Volumen edificado (m<sup>3</sup>)

Fuente: Elaboración propia

Por tanto, la relación entre superficie y volumen será:

$$\text{Compacidad} = \frac{\text{Superficie}}{\text{Volumen}} = \frac{498.34}{547.87} = 0.91/\text{m}$$

Comparando esta compacidad con las de la *Tabla 2.7. Compacidades para un mismo volumen y distinta forma*, siendo la unidad de superficie=16.73m<sup>2</sup> para un volumen de 547.87m<sup>3</sup>, se obtiene:

	Superficie	Volumen	Superficie/Volumen
	$24 \text{ unidades}^2 =$ $24 \times 16.73\text{m}^2 =$ $401.52\text{m}^2$	$547.87\text{m}^3$	0.73/m
	$28 \text{ unidades}^2 =$ $28 \times 16.73\text{m}^2 =$ $468.44\text{m}^2$	$547.87\text{m}^3$	0.86/m
	$498.34\text{m}^2$	$547.87\text{m}^3$	0.91/m
	$30 \text{ unidades}^2 =$ $30 \times 16.73\text{m}^2 =$ $501.99\text{m}^2$	$547.87\text{m}^3$	0.92/m
	$34 \text{ unidades}^2 =$ $34 \times 16.73\text{m}^2 =$ $568.82\text{m}^2$	$547.87\text{m}^3$	1.04/m

**Tabla 5.9. Compacidad de la vivienda en relación a diferentes configuraciones volumétricas***Fuente: Elaboración propia*

La vivienda proyectada se encuentra en un nivel medio de compacidad en relación a las configuraciones analizadas. Evidentemente, los volados y retranqueos en planta baja han penalizado la vivienda en este sentido. No obstante, no se debe entender la compacidad como un freno al diseño arquitectónico, sino como un criterio más a tener en cuenta dentro del proceso de diseño, bastando con realizar edificaciones con unos niveles mínimos de compacidad sin llegar al extremo de proyectar cubos.

### 3. Reflectividad

El uso de materiales reflectivos en fachada es una medida interesante para impedir la absorción de radiación solar en verano. Es, por tanto, una medida que reduce las cargas de refrigeración.

La suma de las propiedades de reflectividad y absortividad de los materiales es igual a la unidad:

$$\text{Reflectividad} + \text{Absortividad} = 1$$

En el caso del presente proyecto de vivienda, se plantea una fachada con sistema de aislamiento térmico exterior (SATE) revestido con mortero acrílico blanco. Si bien la reflectividad no es una propiedad que figure en las fichas técnicas de los materiales, por comparación se podría establecer un rango de valores en torno a 0.65-0.75 en relación a los valores de la siguiente tabla:

Meterial	Reflectividad
Cobre liso	0.82
Aluminio liso	0.8
Zinc blanco	0.78
Nieve limpia	0.65-0.8
<b>Mortero acrílico</b>	<b>0.65-0.75</b>
Acero galvanizado	0.62
Mármol blanco	0.54

**Fig. 5.22. Reflectividad del mortero acrílico blanco en relación a otros materiales**

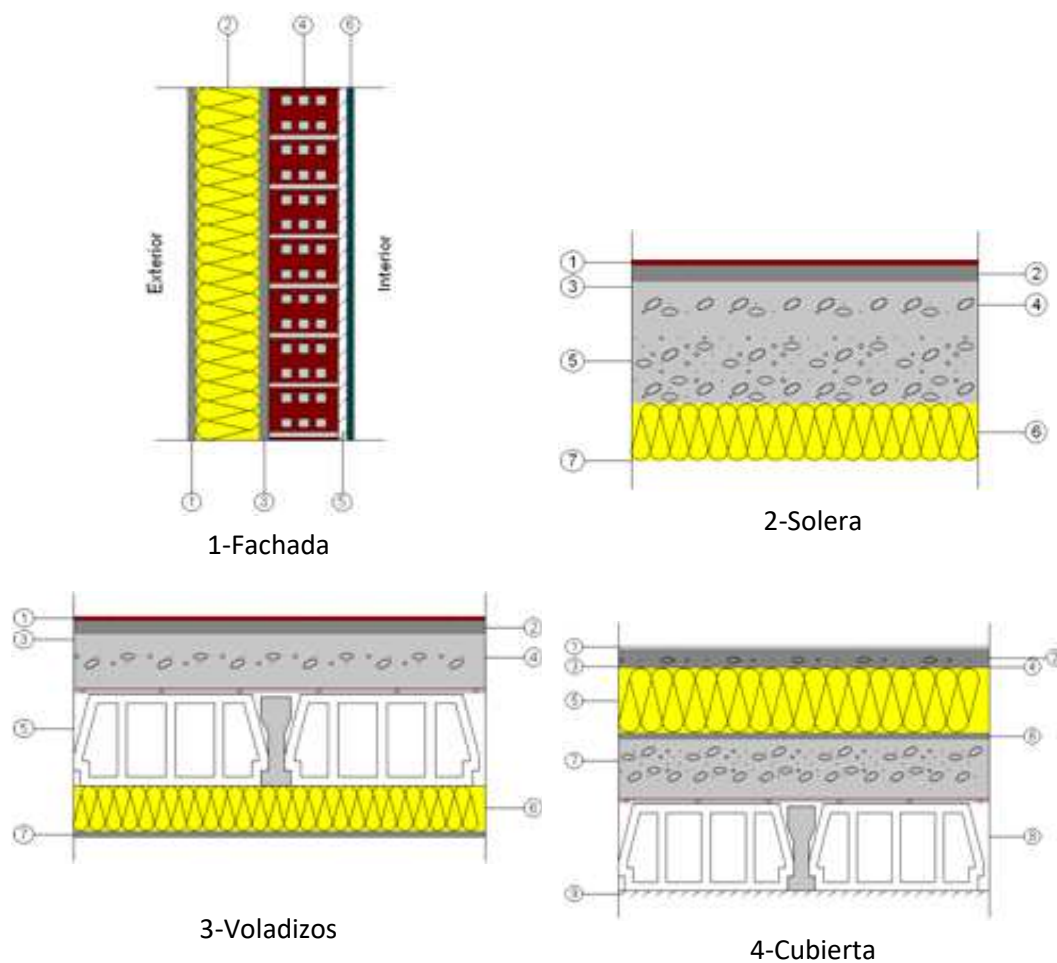
*Fuente: Elaboración propia*

Por tanto, se puede afirmar que la reflectividad del revestimiento de fachada propuesto es alta, y que ello va a contribuir a la reducción de las cargas de refrigeración de la vivienda.

### 5.3.4 Criterios Passivhaus

#### 1. Aislamiento térmico y ausencia de puentes térmicos (Regla del rotulador).

Como solución de aislamiento térmico se ha optado por paneles EPS Poliestireno Expandido (0.029W/mK) por su baja transmitancia térmica así como su bajo precio. Se disponen espesores de 10cm en soleras, fachadas y voladizos, y 15cm en cubierta debido a la mayor incidencia solar.



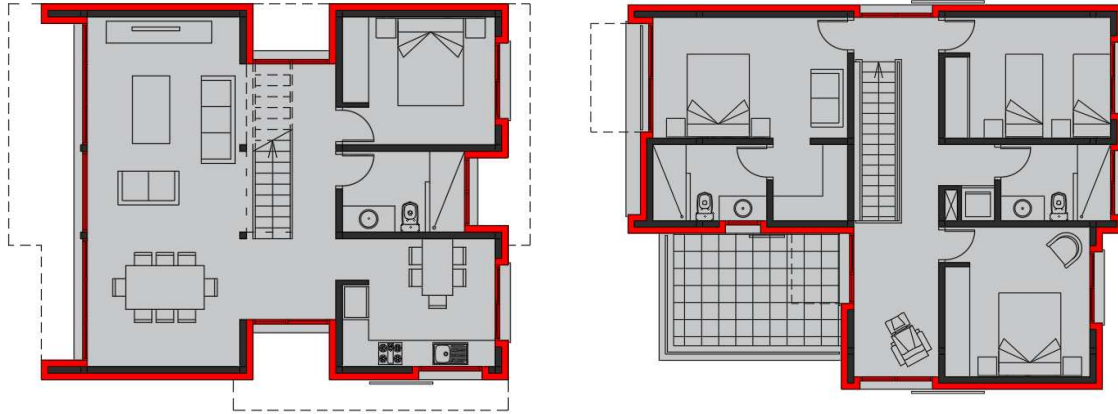
**Fig. 5.23. Aislamiento térmico de la envolvente**

*Fuente: Elaboración propia*

Las transmitancias térmicas de cada uno de estos elementos constructivos son las siguientes:

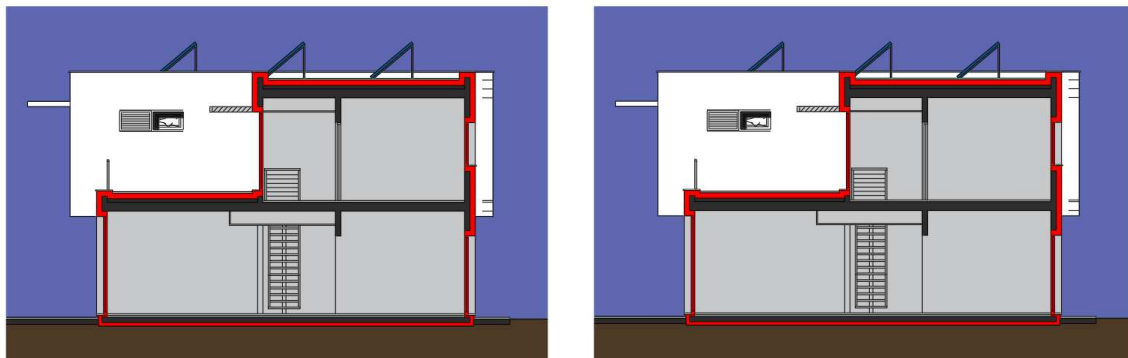
- $U_{fachada} = 0.20 \text{ Kcal/hm}^2\text{°C}$
- $U_{solera} = 0.17 \text{ Kcal/hm}^2\text{°C}$
- $U_{cubierta} = 0.14 \text{ Kcal/hm}^2\text{°C}$
- $U_{voladizo} = 0.22 \text{ Kcal/hm}^2\text{°C}$

Para evitar puentes térmicos se ha optado por un sistema de aislamiento térmico por el exterior (SATE), creando una continuidad entre el aislante y todas las carpinterías según queda reflejado en las siguientes figuras de la Regla del Rotulador:



**Fig. 5.24. Regla del Rotulador. Plantas**

*Fuente: Elaboración propia*



**Fig. 5.25. Regla del Rotulador. Secciones**

*Fuente: Elaboración propia*

## 2. Inercia térmica y ventilación natural cruzada.

Como ya se vio con anterioridad, la inercia térmica se refiere a la capacidad de los elementos constructivos para almacenar energía hasta la saturación y posteriormente invertir el flujo energético disipando la energía hacia el aire.

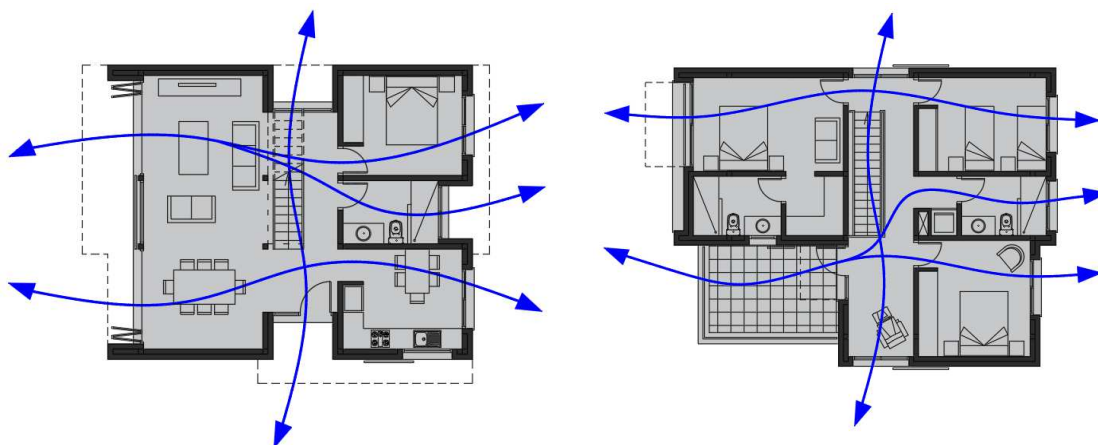
De este modo, en invierno los elementos másicos absorben energía durante el día y la disipan al aire interior en la noche.

En verano, los elementos másicos de gran inercia térmica absorben energía durante el día y la disipan en la noche mediante una ventilación cruzada adecuada.

Por tanto, inercia térmica y ventilación cruzada se complementan entre sí en la estación de verano para conseguir una reducción de consumo de refrigeración.

La vivienda proyectada cuenta con una estructura formada por pilares metálicos 2UPN, y forjados unidireccionales compuestos por vigas de hormigón armado y viguetas pretensadas. La fachada cuenta con un sistema de aislamiento térmico exterior (SATE), y como soporte interior se dispone una hoja de ladrillo hueco del 12. Por tanto, tanto forjados como fachadas, además de la solera de hormigón armado, constituyen elementos másicos de gran inercia térmica, con capacidades caloríficas en torno a  $400\text{Kcal/m}^3\text{C}$ .

La ventilación cruzada de la vivienda se consigue tanto en la dirección norte-sur, como en la este-oeste, según queda reflejado en la siguiente figura:



**Fig. 5.26. Ventilación cruzada. Plantas**

*Fuente: Elaboración propia*

De este modo, inercia térmica y ventilación cruzada han sido perfectamente integradas en el diseño de la vivienda Passivhaus.

### 3. Hermeticidad. Alta calidad de ventanas y puertas.

La hermeticidad es la propiedad mediante la cual las edificaciones no permiten el flujo de aire entre interior y exterior. El estándar Passivhaus fija la hermeticidad en 0.6 renovaciones de aire por hora, determinada a través del test Blower Door.

Evidentemente, la calidad de ventanas y puertas juega un papel fundamental en la hermeticidad de las edificaciones.

La primera carpintería certificada Passivhaus en España ha sido realizada por la empresa Torinco SL, con su perfil Eurotorr 92, de madera, que cuenta con una



transmitancia térmica  $U=1.2\text{W/m}^2\text{K}$  y una permeabilidad al aire  $<3\text{m}^3/\text{hm}^2$ , por tanto asimilable a una Clase-4 según UNE-EN 12207.

Así, en proyecto se adopta una carpintería de aluminio con características similares en cuanto a transmitancia térmica y permeabilidad. No se opta por una carpintería de madera por el elevado coste económico, lo cual incidiría de forma muy negativa en la rentabilidad y tiempo de amortización de la vivienda Passivhaus con respecto a la realizada según las disposiciones del CTE.

Cabe recordar que el estándar Passivhaus no obliga a la disposición de elementos constructivos certificados Passivhaus, sino que simplemente este hecho garantiza unas prestaciones, y en la práctica es posible disponer de elementos constructivos de similares características que no dispongan de dicho certificado.

En la siguiente tabla se reflejan dos presupuestos para una ventana de 150x100cm, corredera, Clase-4, y transmitancias térmicas similares a  $U=1.2\text{W/m}^2\text{K}$ , uno para carpintería de madera y el otro para carpintería de aluminio:

Descripción de la carpintería	Precio
Carpintería exterior de madera de pino, para ventana corredera, de 1500x1000 mm, serie IV 68 Climatrend "ROMÁN CLAVERO", formada por dos hojas correderas, hoja de 68x78 mm de sección y marco de 68x78 mm, moldura recta, junquillos, tapajuntas de madera maciza de 70x15 mm y vierteaguas en el perfil inferior, con soporte de aluminio anodizado y revestimiento exterior de madera; con capacidad para recibir un acristalamiento con un espesor mínimo de 21 mm y máximo de 32 mm; coeficiente de transmisión térmica del marco de la sección tipo $U = 1,43 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , con clasificación a la permeabilidad al aire clase 4, según UNE-EN 12207, clasificación a la estanqueidad al agua clase 9A, según UNE-EN 12208 y clasificación a la resistencia a la carga del viento clase 5, según UNE-EN 12210; acabado mediante sistema de barnizado traslúcido Sikkens con tecnología Duraflex; herraje perimetral elevable de cierre y seguridad, Maco Rail System, con nivel de seguridad WK1, según UNE-EN 1627 y manilla Maco Martinelli Slide 1120 en colores estándar; con premarco.	<b>1877.94€</b>
Carpintería de aluminio, anodizado natural, para conformado de ventana corredera simple "CORTIZO", de 150x100 cm, sistema Cor-Vision CC "CORTIZO", formada por dos hojas, con perfilera provista de rotura de puente térmico, $U=1,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ , y con premarco. Permeabilidad al aire según UNE-EN 12207 Clase-4, estanqueidad al agua según UNE-EN 12208 Clase-7A, y resistencia a la carga del viento según UNE-EN 12210 Clase-C5.	<b>383.38€</b>

**Tabla 5.10. Carpintería de madera Vs carpintería de aluminio**

*Fuente: Elaboración propia*

Como se puede apreciar, para una carpintería de dimensiones 150x100cm, la diferencia de precio es de 1,494.56€ a favor de la carpintería de aluminio, además de que el valor de transmitancia térmica del marco es  $U=1.43 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  en el caso de la madera, y  $U=1.3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  en el caso del aluminio.

Por tanto queda justificado el empleo de una carpintería de aluminio en lugar de una de madera similar a la carpintería Eurotorr 92 certificada Passivhaus.

En cuanto a la puerta de entrada, se opta por una puerta con entablado horizontal de tablas de madera de iroko, con  $U=1.78 \text{ Kcal}/(\text{hm}^2\text{°C})$ , o lo que es lo mismo  $U=2.07 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . El nivel de estanqueidad de las puertas de entrada son un hándicap para el test Blower-Door, por lo que ésta deberá ser lo más hermética posible.

La medida de la hermeticidad global de la vivienda se realiza, como ya se ha señalado, mediante el test Blower Door. Al no disponerse de herramientas que permitan la cuantificación en proyecto de la hermeticidad, se entiende que mediante la disposición de carpinterías Clase-4, una puerta de entrada lo más hermética posible, y un exhaustivo control de ejecución, será posible pasar con éxito el test de hermeticidad.

#### 4. Ventilación con recuperador de calor.

La ventilación con recuperador de calor permite intercambiar el calor del aire de extracción con el aire de admisión para mantener la temperatura y reducir las cargas de refrigeración y calefacción.

La ventilación del estándar Passivhaus consiste en una admisión de aire a las estancias secas y una extracción de aire de los locales húmedos, del mismo modo que plantea el CTE, con la diferencia de que el aire de admisión en Passivhaus es tratado térmicamente por el recuperador de calor.

A la admisión de aire se conecta un equipo de climatización compuesto por una bomba de calor exterior y un fancoil, que permite cubrir la demanda de calefacción y refrigeración.

El recuperador de calor considerado es el modelo Siber DF EXCELLENT 4, certificado Passivhaus, con un caudal hasta  $400 \text{ m}^3/\text{h}$  y un rendimiento de hasta 95% según ficha técnica. No obstante se considera un rendimiento del 85% puesto que va a trabajar a un caudal elevado de  $350 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Fig. 5.27. Recuperador de calor<sup>35</sup>

Fuente: Cypecad Mep

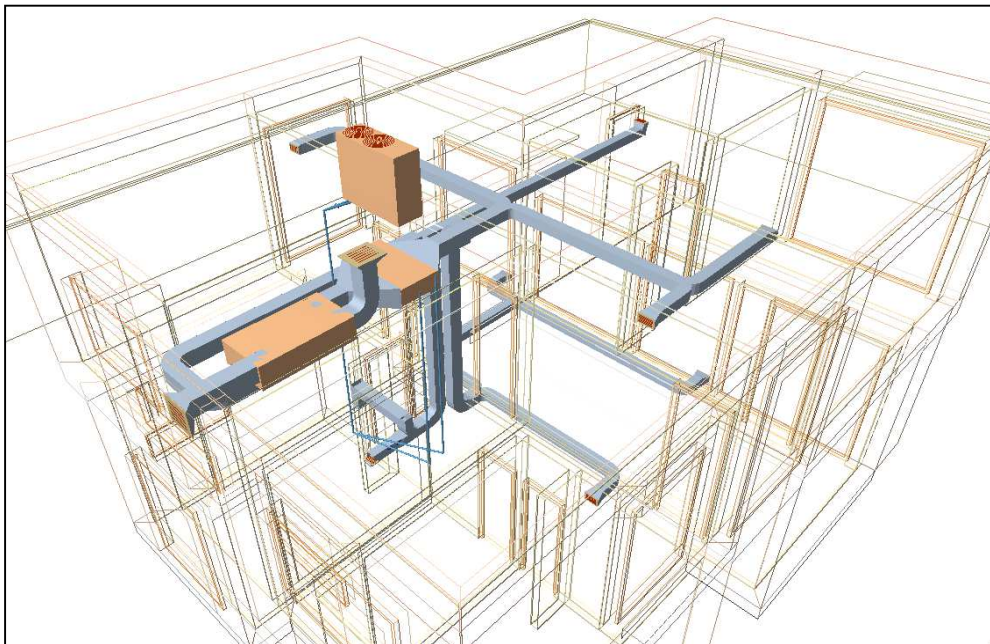


Fig. 5.28. Instalación de ventilación y climatización con recuperador de calor

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

Como se puede apreciar en la imagen, la admisión de aire al sistema de ventilación se realiza a través de una rejilla situada en la fachada norte. El aire del exterior pasa a través del recuperador de calor y toma calor o frío del aire de extracción, en función de

<sup>35</sup> El recuperador de calor seleccionado es de tipo mural, sin embargo Cypecad Mep sólo permite modelizar de techo, motivo por el cual la Fig. 5.28 no se corresponde con el tipo de recuperador.

la estación del año. El aire de admisión antes de acceder a las estancias es tratado térmicamente por el equipo de climatización, situado a continuación del recuperador de calor, también en el baño de planta primera. El aire de extracción, una vez ha circulado a través del recuperador de calor y cedido su energía, es expulsado por una rejilla situada en cubierta.

### 5.3.5 Criterios generales de certificación

Como ya se ha señalado con anterioridad, los criterios generales de certificación son:

1. Demandas de calefacción y refrigeración:  **$\leq 15 \text{ KWh/m}^2\text{año}$**
2. Cargas de calefacción y refrigeración:  **$\leq 10 \text{ W/m}^2$**
3. Consumo de energía primaria para calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria y electricidad doméstica y auxiliar:  **$\leq 120 \text{ KWh/m}^2\text{año}$**
4. Hermeticidad al paso del aire:  **$\leq 0.6 \text{ renovaciones/hora}$**

El software Cypecad Mep a partir del cual se van a obtener los resultados permite obtener de forma directa la demanda de calefacción y refrigeración, pero sin embargo el consumo de energía primaria que aporta se refiere a energía primaria no renovable para calefacción, refrigeración y ACS, no incluyendo la electricidad doméstica y auxiliar. Por tanto, el resultado obtenido por el programa se deberá adaptar al consumo limitado por el estándar Passivhaus.

En cuanto a la hermeticidad, puesto que no es posible calcularla de antemano, se supondrá que mediante la incorporación de carpinterías Clase-4, una puerta de entrada lo más hermética posible y un exhaustivo control de ejecución, se va a conseguir el valor de 0.6 renovaciones/hora establecido por el estándar.

#### 1. Demanda de energía para calefacción y refrigeración

Para realizar el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración, previamente se va a hacer un breve seguimiento del proceso de modelización de la vivienda en Cypecad Mep.

En primer lugar es preciso definir el emplazamiento de la vivienda, que como ya se citó es la ciudad de Alicante. Las condiciones climáticas predefinidas por Cypecad Mep para esta ciudad son:

**Condiciones climáticas**

☒ Predefinidas ☐ De usuario

Emplazamiento	Alacant/Alicante
Altitud	7.0 m
Latitud (N)	38.35 grados
Longitud (E)	-0.49 grados
Temperatura seca verano	29.38 °C
Temperatura húmeda verano	21.60 °C
Oscilación media diaria	9.80 °C
Oscilación media anual	29.00 °C
Temperatura seca en invierno	4.60 °C
Humedad relativa en invierno	90.0 %
Temperatura mínima histórica	-5.00 °C
Temperatura mínima del terreno	7.80 °C
Temperatura no perturbada del terreno	18.58 °C
Temperatura del agua fría de red	
Velocidad del viento	5.90 m/s

### 5.29. Condiciones climáticas de la ciudad de Alicante

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

En segundo lugar es preciso definir el tipo de edificio, en este caso una vivienda unifamiliar:

**Tipo de edificio**

 Unifamiliar	 Adosados	 Plurifamiliar	 Locales y oficinas
 Comercial	 Administrativo	 Residencial	 Aparcamiento
 Pública concurrencia	 Docente	 Hospitalario	 Industrial

**Fig. 5.30. Definición del tipo de edificio**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

Se definen los datos generales que afectan a la demanda energética DBHE-1:

**Datos generales (CTE DB HE 1)**

Seleccionar el perfil de uso residencial a utilizar en la simulación energética anual.

☐ Perfil de uso residencial publicado en la Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el DB-HE

☒ **Perfil de uso residencial publicado en los documentos 'DB HE con comentarios' del Ministerio de Fomento y 'Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y CALENER'**

El perfil de uso residencial publicado en el Apéndice C de CTE DB HE 1 no distingue valores diferenciados en el intervalo horario de 16 a 23h asignando unos valores de carga por iluminación y equipos de 1,32 W/m² por cada concepto.

Sin embargo, en los documentos 'DB HE con comentarios' del Ministerio de Fomento de diciembre de 2014 y 'Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y CALENER', donde se describen los perfiles de uso que utilizan dichas herramientas, así como la nueva herramienta unificada figura una diferenciación horaria en ese intervalo, para esos conceptos de carga interior, dando distintos valores para los intervalos de 16 a 18 h (1,32 W/m²), 19 h (2,20 W/m²) y de 20 a 23 h (4,40 W/m²).

Dado que es opinión generalizada entre los técnicos que dicha diferencia es fruto de una errata en la publicación del BOE, se permite al usuario, actuando bajo su propio criterio, seleccionar el perfil de uso con el que calcular la demanda energética del edificio de viviendas.

☒ **Los sistemas de ventilación de las viviendas disponen de unidades de recuperación de calor**

Eficiencia térmica de la unidad de recuperación de calor  %

**Número de renovaciones hora correspondiente al mínimo exigido por CTE DB HS 3**

☐ Valores calculados en 'Salubridad' ☒ **Valores introducidos por el usuario** ☐ Valores por defecto

Viviendas	Renovaciones hora, ren/h
Viviendas	0.86

### 5.31. Definición de datos generales DBHE-1. Vivienda Passivhaus

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

Se tiene en cuenta el recuperador de calor en la ventilación de la vivienda, con un 85% de eficiencia energética, y en cuanto a las renovaciones hora de ventilación se considera el mínimo según DBHS3.

En el Anexo-02.03 se obtiene como resultado del DBHS-3 (Vivienda según CTE) un ventilador mecánico con caudal de renovación de 96.3 l/seg, que es igual a 346m³/h.

El estándar Passivhaus fija un valor de ventilación de 30 m³ por persona y hora. Suponiendo el aforo de la vivienda, según Tabla 2.1 del SI3, de 20 m²/persona:

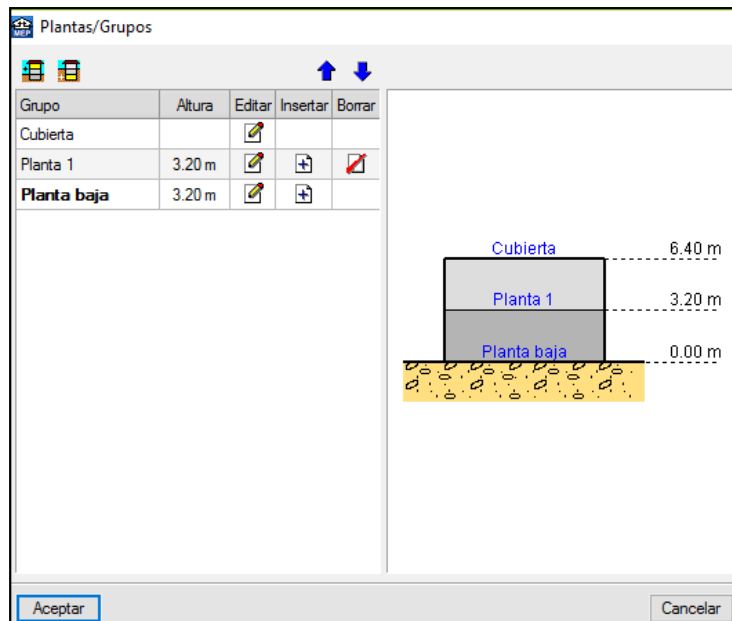
- Superficie vivienda = 140.83 m²
- Aforo vivienda = 140.83 m² / (20m²/persona) = 7.04= 8 personas
- Ventilación Passivhaus = (30m³/persona hora) x 8 personas = 240 m³/h
- Volumen interior de la vivienda = 140.83m² x 2.90 m = 408.41 m³

Por tanto, la ventilación exigida por Passivhaus es inferior a la exigida por el CTE. Se adopta así el valor del CTE por ser más restrictivo, suponiendo un caudal de 350m³/h al que trabajará el recuperador de calor.

- Renovaciones hora = (350 m³/h) / 408.41m³ = 0.86 renovaciones/h



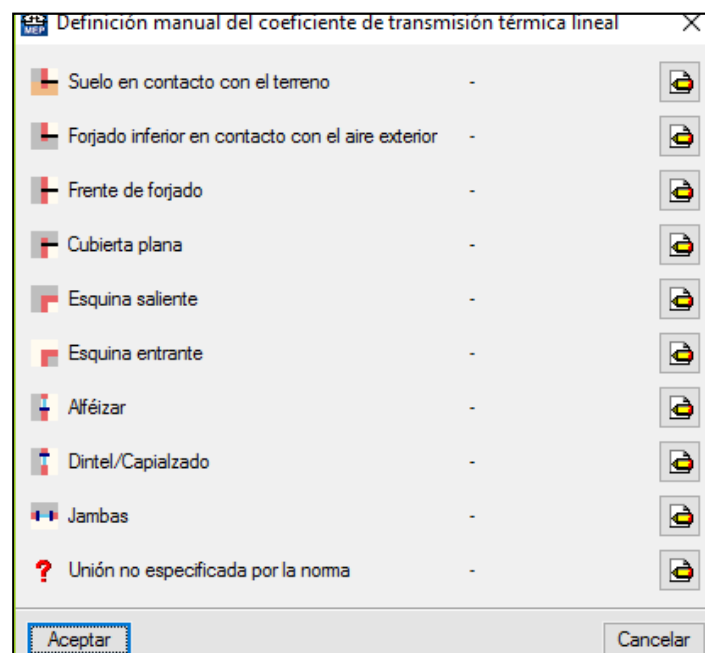
Se continúa con la definición de plantas del proyecto:



**Fig. 5.32. Definición de plantas. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

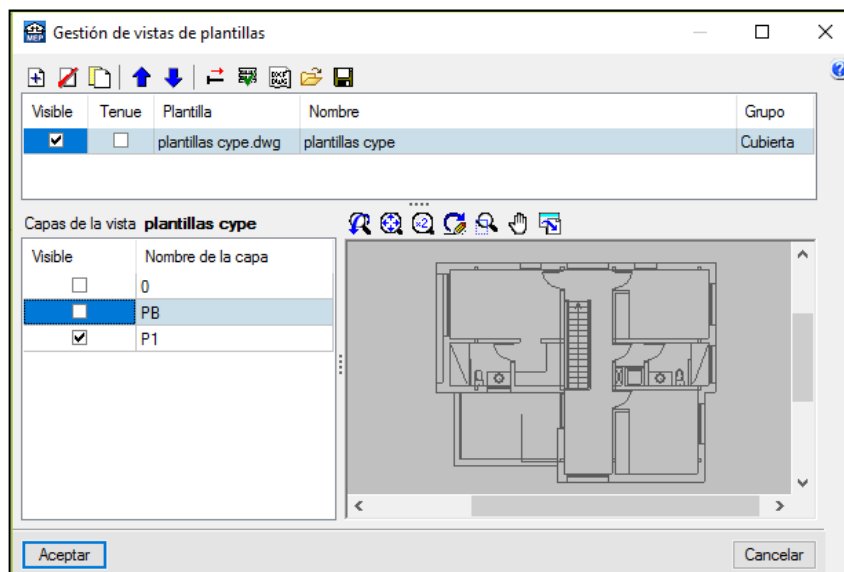
Se definen los puentes térmicos considerados. En este caso, al haberse proyectado un sistema de aislamiento térmico exterior (SATE) con continuidad entre aislamiento y carpinterías, se puede considerar que no existen puentes térmicos, lo cual queda reflejado en la siguiente figura:



**Fig. 5.33. Definición de puentes térmicos. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

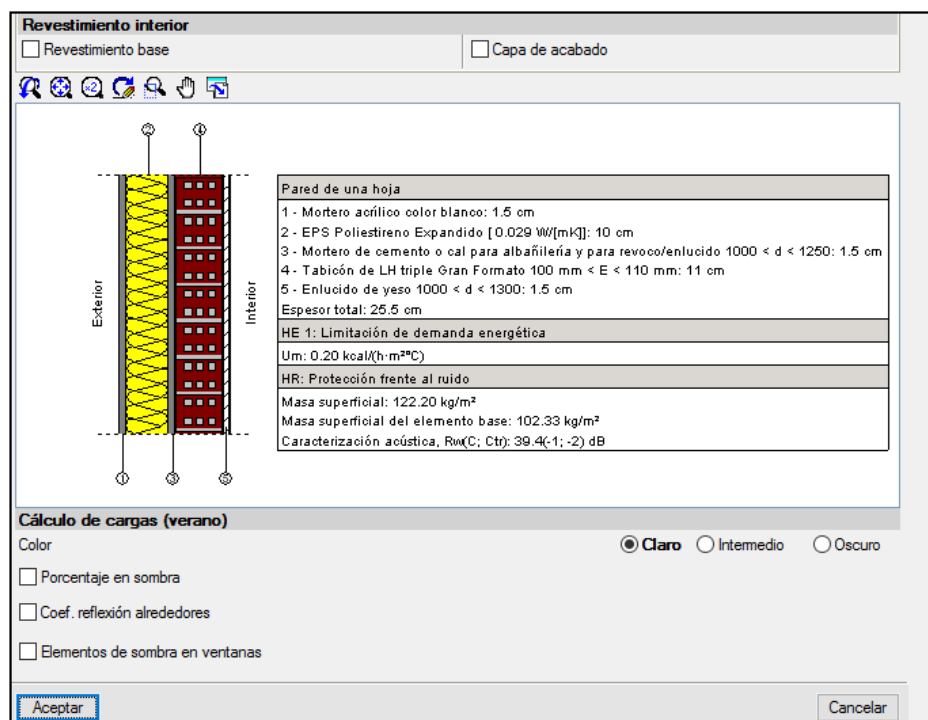
A partir de aquí, se introducen plantillas dwg que permitan la modelización de las distintas plantas de la vivienda:



**Fig. 5.34. Introducción de plantillas dwg. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

A partir de este punto se deben ir creando los distintos elementos de la envolvente térmica de la vivienda, particiones y huecos.



**Fig. 5.35. Creación de fachada. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*



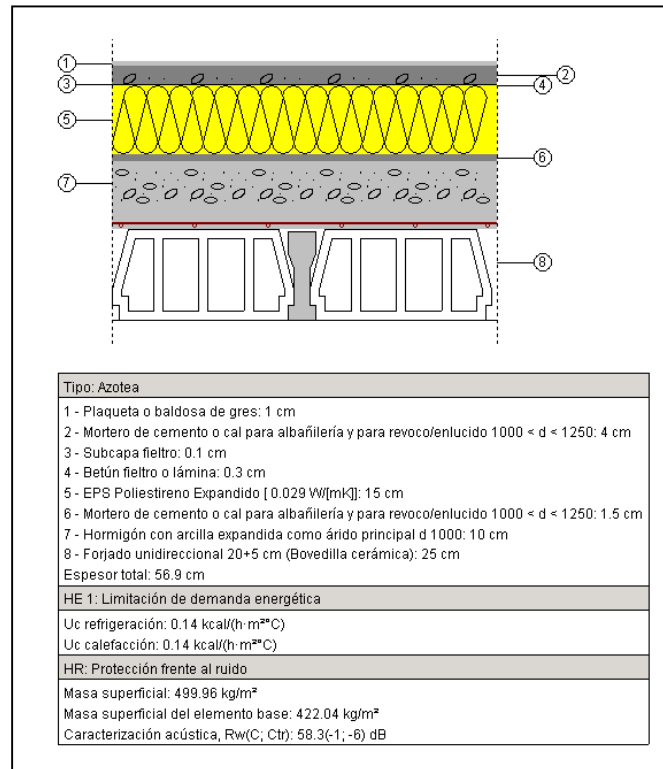


Fig. 5.36. Creación de cubierta. Vivienda Passivhaus

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

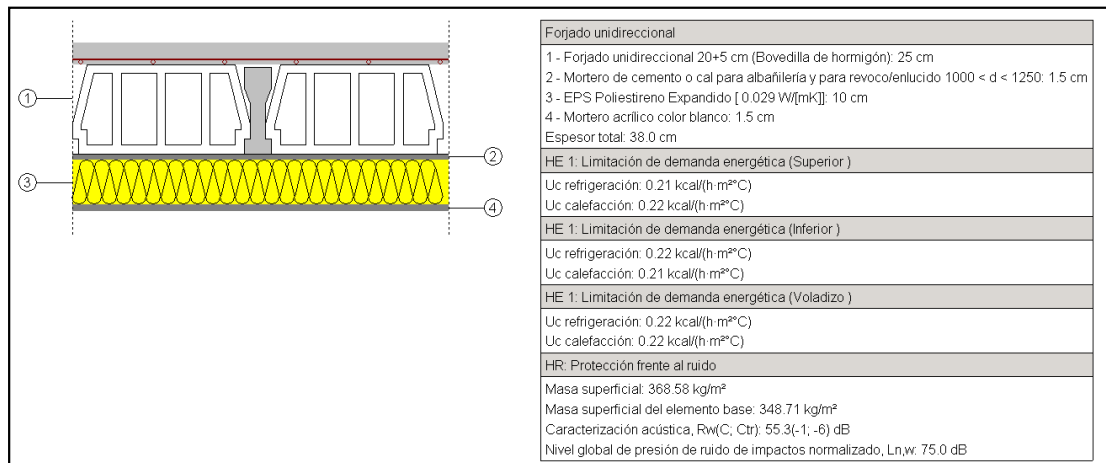


Fig. 5.37. Creación de forjado volado. Vivienda Passivhaus

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

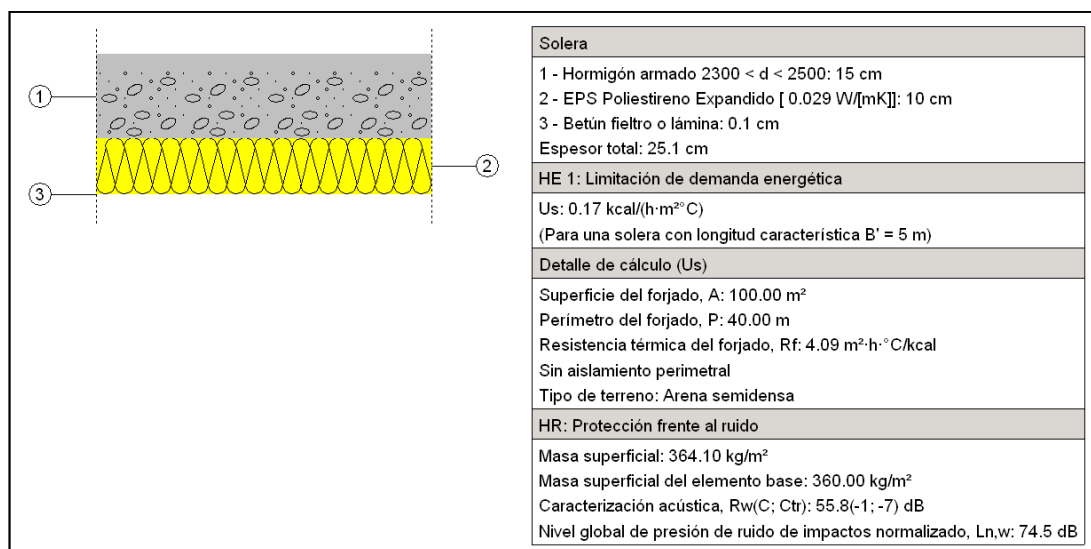


Fig. 5.38: Creación de solera. Vivienda Passivhaus

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

Cabe señalar que las diferentes capas introducidas para conformar los distintos elementos constructivos adoptan los valores establecidos por Lider, que Cypecad Mep incorpora como queda reflejado en la siguiente figura:

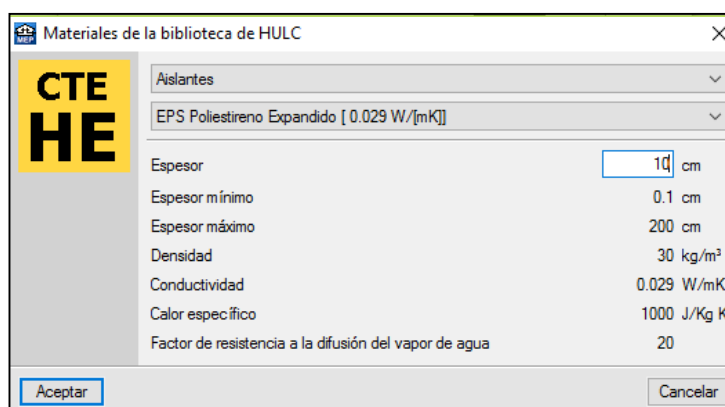


Fig. 5.39. Selección de materiales. Vivienda Passivhaus

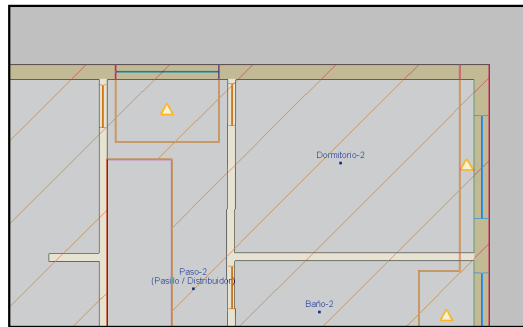
Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

Una vez introducidos los elementos opacos de la envolvente térmica se procede a introducir los huecos, es decir, la suma de carpinterías y vidrios de ventanas y ventanales, además de la puerta de entrada.

Respecto a la carpintería se toma un valor  $U=1.3 \text{ Kcal/hm}^2\text{°C}$ , permeabilidad Clase-4; y en cuanto a los vidrios, para los orientados a Sur un valor  $U=1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ , factor solar  $g=0.18$ , y para los orientados a Norte, Este y Oeste un valor  $U=1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ , y factor solar  $g=0.15$ . Cabe recordar que es interesante un valor de factor solar  $g$  mayor a sur puesto que al disponer voladizos dicha fachada, permite que la radiación solar penetre al

interior de la vivienda en invierno reduciéndose la demanda de calefacción, y los mismo voladizos impiden penetrar la radiación en verano, reduciendo la demanda de refrigeración.

Además, en la introducción de huecos habrá que contemplar la incorporación de accesorios y elementos de sombra. En este caso, las fachadas este y oeste incorporan accesorios en forma de mallorquina corredera, y la fachada sur elementos de sombra en forma de voladizo en dos de sus ventanales, como a continuación se refleja:



**Fig. 5.40. Definición de ventanal oeste-1. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

Carpintería exterior y hueco acristalado

**Acristalamiento**

☐ Tipo 1: Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL ...

☒ Tipo 2: Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL ...

☒ **Carpintería**

Tipo seleccionado

Tipo 4: C4

☒ **Accesorios**

☒ Tipo 1: Mallorquinas correderas

☐ Elementos de sombra

☐ Puentes térmicos planos

☐ Puentes térmicos lineales

☐ Coeficiente de transmisión de calor (Valor introducido por el usuario.)

**Aislamiento térmico:**

Transmitancia térmica: Uvidrio = 0.95 kcal/(h·m²·°C); Ucarpintería = 1.40 kcal/(h·m²·°C)

Transmitancia térmica: U = 0.99 kcal/(h·m²·°C)

Factor solar del vidrio: fsv = 0.15

Factor solar de la carpintería: fsc = 0.04

Factor solar de la ventana: fs = 0.14

(a falta de la corrección por factor de sombra)

**Aislamiento acústico:**

Rw(C,Tr) del vidrio: 38.0(2;-4) dB

Apertura batiente, oscilobatiente o no practicable

Rw(C,Tr) de la ventana, corregido según EN 14351-1: 35.0(2;-4) dB

Altura sobre el suelo

0.00 m

Aceptar Cancelar

**Fig. 5.41. Definición de ventanal oeste-2. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

☒ Templado

**Color**

Información técnica

Transmitancia térmica (valor U), según UNE-EN 673: 1,1 W/(m²K)

Factor solar (coeficiente g), según UNE-EN 410: 15%

Transmisión luminosa, según UNE-EN 410: 13%

Índice de aislamiento a ruido aéreo directo, R<sub>w</sub> (dB) y términos de adaptación espectral C y C<sub>tr</sub>, según UNE-EN 12758: 38 (-2; -4)

**Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica**

Vidrio exterior

☒ Templa.lite Solar.lite Azul

☐ Templa.lite Solar.lite Blue 20

☐ Templa.lite Solar.lite Blue 52

☐ Templa.lite Solar.lite Clear

☐ Templa.lite Solar.lite Dark Grey

☐ Templa.lite Solar.lite Green

☐ Templa.lite Solar.lite Silver

Espesor (mm)

☐ 6 ☒ 8

Cámara

☐ Aire

☒ Gas argón

Espesor de la cámara (mm)

☐ 10 ☐ 12

☒ 14 ☐ 16

☐ 18 ☐ 20

Vidrio interior

☒ De baja emisividad térmica LOW.S

☐ De baja emisividad térmica LOW.S, laminar

Espesor (mm)

☐ 4 ☐ 6

☒ 8

Superficie de la hoja de vidrio (m²)

☒ Sin especificar

☐ Entre 3 y 4

☐ Entre 6 y 7

☐ Mayor de 9

☐ Menor de 2

☐ Entre 4 y 5

☐ Entre 7 y 8

☐ Entre 2 y 3

☐ Entre 5 y 6

☐ Entre 8 y 9

Fig. 5.42. Definición de vidrio del ventanal oeste. Vivienda Passivhaus

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

**Tipos de carpintería**

Referencia: C4

Descripción: C4

☒ Dimensiones (ancho x alto): 175 x 250 cm

☐ Puerta

Coefficiente de transmisión (U): 1.30 kcal/(h·m²·°C)

**Dimensiones de la carpintería**

☐ Por dimensiones ☒ Por porcentaje

Porcentaje de superficie opaca: 10.0 %

☐ Puente térmico lineal entre la carpintería y el acristalamiento

**Tipo de apertura**

☐ Fija ☐ Practicable ☒ Abatible ☐ Oscilobatiente ☐ Deslizante

**Clase de la carpintería**

☐ Sin clasificar ☐ Clase 1 ☐ Clase 2 ☐ Clase 3 ☒ Clase 4

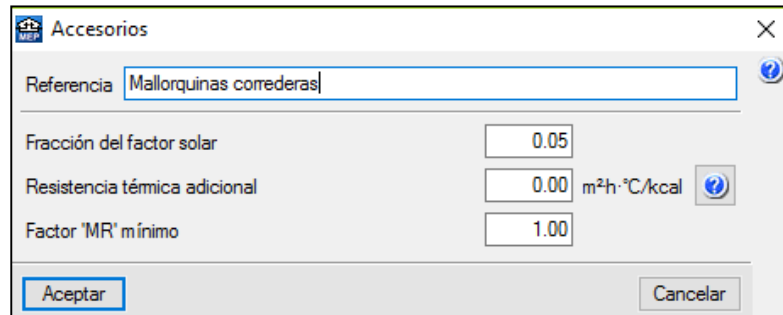
**Color**

☐ Claro ☒ Intermedio ☐ Oscuro

Aceptar Cancelar

Fig. 5.43. Definición de carpintería de ventanal oeste. Vivienda Passivhaus

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

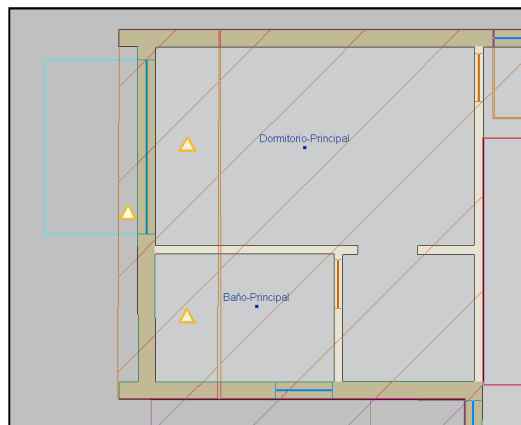


**Fig. 5.44. Definición de accesorios de ventanal oeste. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

Por tanto, el ventanal oeste definido en las figuras anteriores cuenta con un vidrio con transmitancia térmica  $U=1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ , factor solar  $g=0.15$ , carpintería con transmitancia térmica  $U=1.3 \text{ Kcal/hm}^2\text{C}$ , permeabilidad Clase-4, y accesorio en forma de mallorquina corredera con fracción del factor solar 0.05, es decir que apenas deja pasar el sol.

En cuanto al ventanal sur, en este caso del dormitorio principal:



**Fig. 5.45. Definición del ventanal sur del dormitorio principal-1. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

**Carpintería exterior y hueco acristalado**

**Acristalamiento**

☒ Tipo 1: Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL ...

☐ Tipo 2: Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL ...

☒ **Carpintería**

Tipo seleccionado

Tipo 9: C9

☐ **Accesorios**

☒ Elementos de sombra

☐ Puentes térmicos planos

☐ Puentes térmicos lineales

☐ Coeficiente de transmisión de calor (Valor introducido por el usuario.)

**Aislamiento térmico:**

Transmitancia térmica: Uvidrio = 0.95 kcal/(h·m²·°C); Ucarpintería = 1.40 kcal/(h·m²·°C)

Transmitancia térmica: U = 0.99 kcal/(h·m²·°C)

Factor solar del vidrio: fsv = 0.18

Factor solar de la carpintería: fsc = 0.04

Factor solar de la ventana: fs = 0.17

(a falta de la corrección por factor de sombra)

**Aislamiento acústico:**

Rw(C,Ctr) del vidrio: 38.0(-2;-4) dB

Apertura deslizante

Rw(C,Ctr) de la ventana, corregido según EN 14351-1: 27.0(-2;-2) dB

Altura sobre el suelo  m

Fig. 5.46. Definición del ventanal sur del dormitorio principal-2. Vivienda Passivhaus

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

☒ Templado

**Color**

**Información técnica**

Transmitancia térmica (valor U), según UNE-EN 673: 1.1 W/(m²K)

Factor solar (coeficiente g), según UNE-EN 410: 18%

Transmisión luminosa, según UNE-EN 410: 19%

Índice de aislamiento a ruido aéreo directo, Rw (dB) y términos de adaptación espectral C y Ctr, según UNE-EN 12758: 38 (-2; -4)

**Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica**

**Vidrio exterior**

☐ Templa.lite Solar.lite Azul

☒ **Templa.lite Solar.lite Blue 20**

☐ Templa.lite Solar.lite Blue 52

☐ Templa.lite Solar.lite Clear

☐ Templa.lite Solar.lite Dark Grey

☐ Templa.lite Solar.lite Green

☐ Templa.lite Solar.lite Silver

**Espesor (mm)**

☐ 6 ☒ 8

**Cámara**

☐ Aire

☒ **Gas argón**

**Espesor de la cámara (mm)**

☐ 10 ☐ 12

☒ 14 ☐ 16

☐ 18 ☐ 20

**Vidrio interior**

☒ **De baja emisividad térmica LOW.S**

☐ De baja emisividad térmica LOW.S, laminar

**Espesor (mm)**

☐ 4 ☐ 6

☒ 8

**Superficie de la hoja de vidrio (m²)**

☒ **Sin especificar**

☐ Entre 3 y 4

☐ Entre 6 y 7

☐ Mayor de 9

☐ Menor de 2

☐ Entre 4 y 5

☐ Entre 7 y 8

☐ Entre 2 y 3

☐ Entre 5 y 6

☐ Entre 8 y 9

Fig. 5.47. Definición de vidrio sur del dormitorio principal. Vivienda Passivhaus

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

**Fig. 5.48. Definición de carpintería sur del dormitorio principal. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

**Fig. 5.49. Definición de elemento sombra sur de dormitorio principal. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

Por tanto, el ventanal sur definido en las figuras anteriores cuenta con un vidrio con transmitancia térmica  $U=1.1 \text{ W/m}^2\text{K}$ , factor solar  $g=0.18$ , carpintería con transmitancia térmica  $U=1.3 \text{ Kcal/hm}^2\text{C}$ , permeabilidad Clase-4, y elemento sombra en forma de vuelo de 1.40m.

En cuanto a la puerta de acceso, su definición según la siguiente figura:

Fig. 5.50. Definición de puerta de acceso. Vivienda Passivhaus

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

Siendo sus características específicas las siguientes:

Puerta de entrada a la vivienda, de madera	
Puerta de entrada de 203x92,5x4 cm, hoja con entablado horizontal de tablas de madera maciza de iroko.	
Dimensiones	Ancho x Alto: <b>92.5 x 203 cm</b>
Caracterización térmica	Transmitancia térmica, U: 1.78 kcal/(h·m²·°C) Absortividad, $\alpha_s$ : 0.6 (color intermedio)
Caracterización acústica	Absorción, $\alpha_{500\text{Hz}} = 0.06$ ; $\alpha_{1000\text{Hz}} = 0.08$ ; $\alpha_{2000\text{Hz}} = 0.10$

Fig. 5.51. Características de puerta de acceso. Vivienda Passivhaus

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

De este modo queda definida toda la envolvente de la vivienda, siendo ahora necesario definir la tabiquería interior y puertas de paso que nos defina los distintos espacios a los que se les asignará unas condiciones de temperatura, ocupación, etc.




	<b>Pared de una hoja</b>
	1 - Fábrica de ladrillo cerámico hueco: 7 cm
	Espesor total: 7.0 cm
	<b>HE 1: Limitación de demanda energética</b>
	Um: 2.05 kcal/(h·m²·°C)
	<b>HR: Protección frente al ruido</b>
	Masa superficial: 65.10 kg/m² Caracterización acústica por ensayo, Rw(C; Ctr): 33.1(-1; -1) dB Referencia del ensayo: No disponible. Los valores se han estimado mediante leyes de masa obtenidas extrapolando el catálogo de elementos constructivos.
	<b>Seguridad en caso de incendio</b>
Resistencia al fuego: Ninguna	

Fig. 5.52. Definición de tabiquería interior. Vivienda Passivhaus

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep


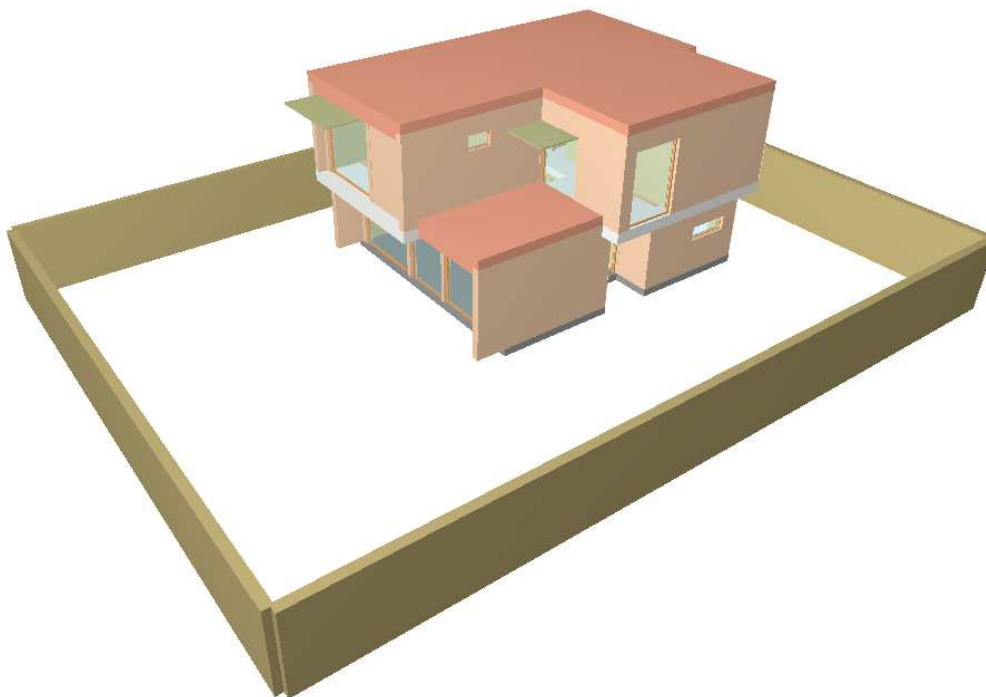
Material	
<input type="radio"/> Madera maciza	<input checked="" type="radio"/> <b>Tablero aglomerado</b>
<input type="radio"/> Tablero hueco con alma alveolar	<input type="radio"/> Tablero de MDF
Hoja	
Prearco y cerco	
Herrajes	
Tipo de hoja	
<input checked="" type="radio"/> <b>Lisa</b>	
<input type="radio"/> Con moldura	
<input type="radio"/> Con plafones	
	
Madera	
<input type="radio"/> Sapeli	
<input checked="" type="radio"/> <b>Pino país</b>	
<input type="radio"/> Sapeli rameado	
<input type="radio"/> Iroko	
<input type="radio"/> Mukaly	
<input type="radio"/> Pino melis	
<input type="radio"/> Roble E	
<input type="radio"/> Roble recompuesto	
<input type="radio"/> Haya vaporizada	
<input type="radio"/> Fresno	
<input type="radio"/> Nogal	
<input type="radio"/> Cerezo	
<input type="radio"/> Tola	
Dimensiones (cm):	
<input type="radio"/> 203x82,5x3,5	
<input checked="" type="radio"/> <b>203x72,5x3,5</b>	
<input type="radio"/> 203x62,5x3,5	
<input type="radio"/> Acabada en crudo para barnizar en obra	
<input checked="" type="radio"/> <b>Barnizada en taller</b>	

Fig. 5.53. Definición de puerta interior de paso. Vivienda Passivhaus

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

De este modo la vivienda queda modelizada por completo en cuanto a elementos constructivos, presentando la siguiente imagen:



**Fig. 5.54. Modelización de la vivienda. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

Una vez realizada la modelización de elementos constructivos, es preciso definir los distintos recintos de la vivienda. En la definición de recintos se especifican acabados de suelos, paredes y techos, y se asocia cada espacio a un uso determinado con unas condiciones en cuanto a temperaturas de invierno y verano, humedad, ocupación y ventilación.

Tomando como ejemplo el dormitorio principal, se define el recinto en cuanto a condiciones de temperatura y humedad interiores, ocupación y ventilación.

Las condiciones interiores de temperatura y humedad son las que se establecen por defecto por el programa en función del Reglamento de Instalaciones térmicas en los edificios (RITE), 24°C en verano y 21°C en invierno, debiéndose la diferencia de temperatura a la mayor cantidad de ropa que se lleva en invierno con respecto a verano.

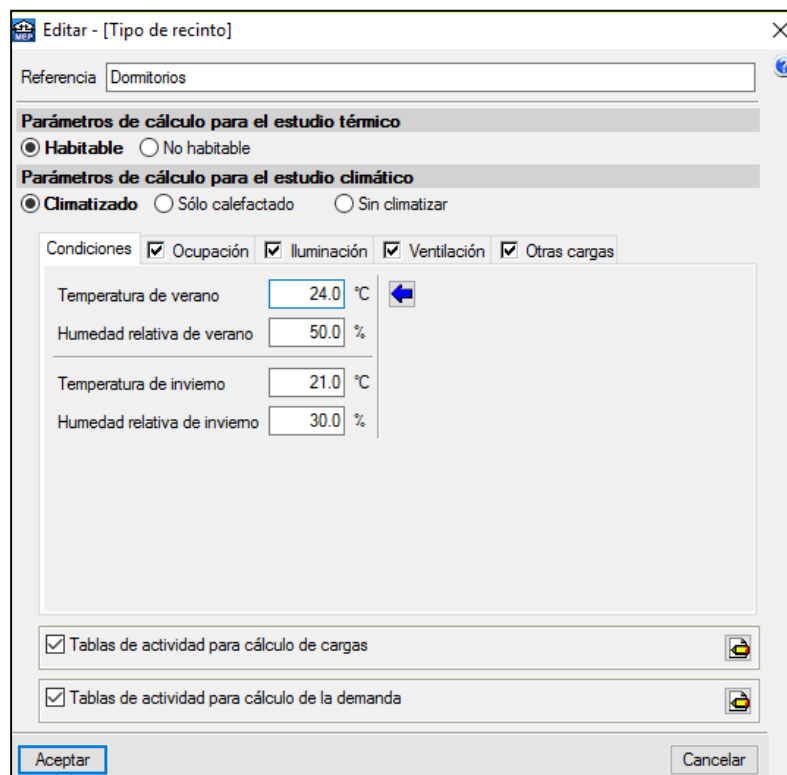
La ocupación se establece en dos personas al tratarse de un dormitorio doble.

La ventilación es la establecida por el CTE, según Tabla 2.1 del HS3, que establece una ventilación de 5 l/seg por ocupante, es decir 18 m<sup>3</sup>/h, a lo que además se le añade una condición de ventilación por superficie de 2.7 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>. En esta ventilación se debe marcar la consideración de recuperador de calor con su eficiencia térmica de 52.5%.



**Fig. 5.55. Definición del recinto del dormitorio principal. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*



**Fig. 5.56. Definición higrotérmica del recinto del dormitorio principal. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

Editar - [Tipo de recinto]

Referencia: Dormitorios

**Parámetros de cálculo para el estudio térmico**

☒ Habitable ☐ No habitable

**Parámetros de cálculo para el estudio climático**

☒ Climatizado ☐ Sólo calefactado ☐ Sin climatizar

Condiciones: ☒ Ocupación ☒ Iluminación ☒ Ventilación ☒ Otras cargas

Número de personas: ☐ Por superficie ☒ Total: 2 personas

Tipo de actividad: Sentado o en reposo

☐ Porcentaje de mujeres ☐ Porcentaje de niños

☒ Tablas de actividad para cálculo de cargas

☒ Tablas de actividad para cálculo de la demanda

Aceptar Cancelar

Fig. 5.57. Definición de ocupación del recinto dormitorio principal. Vivienda Passivhaus

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

Editar - [Tipo de recinto]

Referencia: Dormitorios

**Parámetros de cálculo para el estudio térmico**

☒ Habitable ☐ No habitable

**Parámetros de cálculo para el estudio climático**

☒ Climatizado ☐ Sólo calefactado ☐ Sin climatizar

Condiciones: ☒ Ocupación ☒ Iluminación ☒ Ventilación ☒ Otras cargas

☐ Categoría de la calidad de aire interior (RITE)

☒ Por persona: 18.0 m³/h

☒ Por unidad de superficie: 2.7 m³/(h·m²)

☐ Por recinto

☒ Recuperación de calor: ☒ Eficiencia térmica: 52.50 %

☐ Eficiencia higrométrica

☐ Categoría del aire de extracción (RITE)

☒ Comprobar la renovación de aire

☒ Retorno de aire

☒ Tablas de actividad para cálculo de cargas

☒ Tablas de actividad para cálculo de la demanda

Aceptar Cancelar

Fig. 5.58. Definición de ventilación del recinto dormitorio principal. Vivienda Passivhaus

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

Evidentemente, para llegar a definir espesores de aislamientos térmicos de la envolvente, tipos de vidrios, carpinterías, vuelos, elementos sombra, etc. Se han realizado gran número de cálculos y combinaciones hasta llegar a la solución más eficiente posible.

No obstante, todo el proceso de combinación de variables intervinientes en la limitación de las demandas energéticas supondría un trabajo de investigación independiente, que no es el objeto del presente trabajo y por lo cual se considera zanjada esta cuestión en este punto.

Por tanto, y habiendo sido definidos los recintos de la vivienda, se puede proceder al cálculo de las demandas energéticas de calefacción y refrigeración, según Anexo-01.01:

<b>1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.</b>	
<b>1.1.- Demanda energética anual por superficie útil.</b>	
$D_{cal,edificio} = 3.77 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,sup}/S = 15.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$	
donde:	
$D_{cal,edificio}$ :	Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m <sup>2</sup> ·año).
$D_{cal,lim}$ :	Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m <sup>2</sup> ·año).
$D_{cal,base}$ :	Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 15 kWh/(m <sup>2</sup> ·año).
$F_{cal,sup}$ :	Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 0.
$S$ :	Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 140.83 m <sup>2</sup> .
$D_{ref,edificio} = 11.77 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{ref,lim} = 20.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$	
donde:	
$D_{ref,edificio}$ :	Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m <sup>2</sup> ·año).
$D_{ref,lim}$ :	Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m <sup>2</sup> ·año).

**Fig. 5.59. Resultado demanda energética de calefacción y refrigeración. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

Los valores de la demanda energética de calefacción y refrigeración son de 3.77 y 11.77 kWh/m<sup>2</sup>año respectivamente. Estos valores son inferiores al límite establecido por el estándar Passivhaus de 15 kWh/m<sup>2</sup>año. Por tanto, se cumple con los criterios generales de certificación Passivhaus en cuanto a limitación de la demanda energética de calefacción y refrigeración.

Además, es importante tener en cuenta que se está cumpliendo con la demanda energética de calefacción y refrigeración que fija el DBHE1 del CTE.

Como se observa en la Tabla 5.11, las limitaciones de demanda energética entre Passivhaus y CTE se diferencian en la demanda máxima de refrigeración permitida que en el estándar Passivhaus es de 15.00 kWh/m<sup>2</sup>año y en el CTE de 20.00 kWh/m<sup>2</sup>año.

	En vivienda Passivhaus	Limitación según estándar Passivhaus	Limitación según DBHE1 del CTE
<b>Demanda de calefacción</b>	3.77 Kwh/m <sup>2</sup> año	15.00 Kwh/m <sup>2</sup> año	15.00 Kwh/m <sup>2</sup> año
<b>Demanda de refrigeración</b>	11.77 Kwh/m <sup>2</sup> año	15.00 Kwh/m <sup>2</sup> año	20.00 Kwh/m <sup>2</sup> año

**Tabla 5.11. Demandas de calefacción y refrigeración. Vivienda Passivhaus***Fuente: Elaboración propia*

## 2. Cargas de calefacción y refrigeración

La limitación de cargas de calefacción y refrigeración a 10W/m<sup>2</sup> es una cuestión fundamental para el funcionamiento del estándar Passivhaus. Recordando la definición de Passivhaus:

*“Un edificio pasivo es aquél que puede garantizar el confort climático suministrando la energía para calefacción y/o refrigeración sólo a través del aire de ventilación. Este caudal de ventilación es el mínimo necesario para garantizar la higiene de las estancias interiores (30m<sup>3</sup>h por persona en uso residencial)”. (Wassouf, De la casa pasiva al estándar Passivhaus, 2014).*

Conseguir calefactar y refrigerar a través de los conductos de ventilación sin sobredimensionar el sistema sólo es posible a través de unas cargas de calefacción y refrigeración muy reducidas.

Las cargas de calefacción y refrigeración son valores íntimamente ligados a las demandas de calefacción y refrigeración respectivamente. La demanda energética se define como:

*“Energía útil necesaria que tendrían que proporcionar los sistemas técnicos para mantener en el interior del edificio unas condiciones definidas reglamentariamente en función del uso del edificio (perfiles de uso) y de la zona climática en la que se ubique (clima de referencia). Se puede dividir en demanda energética de calefacción, de refrigeración, de agua caliente sanitaria (ACS) y de iluminación, y se expresa en kW·h/m<sup>2</sup>.año, considerada la superficie útil de los espacios habitables del edificio.” (Vivienda, DB HE - Ahorro de Energía, 2013).*

La demanda energética es un sumatorio de energía necesaria anualmente para mantener unas condiciones internas en régimen de calefacción o refrigeración a lo largo del año.

Las cargas de calefacción y refrigeración, en cambio, se refieren al momento puntual más desfavorable en que los equipos de calefacción y refrigeración deberán mantener unas condiciones internas concretas. Se trata de valores que permiten dimensionar los equipos de climatización según la solicitud más desfavorable, guardando una clara relación con la demanda energética del edificio.

Realizando el cálculo de cargas mediante Cypecad Mep, se obtienen los siguientes resultados según Anexo-01.04:

Refrigeración		
Conjunto	Potencia por superficie (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))	Potencia total (kcal/h)
Vivienda TFM	25.6	3609.1

Calefacción		
Conjunto	Potencia por superficie (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))	Potencia total (kcal/h)
Vivienda TFM	21.1	2967.3

**Tabla 5.12. Cargas de calefacción y refrigeración-1**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

Convirtiendo estos valores de carga a W/m<sup>2</sup>:

- Carga de refrigeración:  $25.6 \text{ Kcal/hm}^2 = 25.6 \times 1.163 \text{ w/m}^2 = 29.77 \text{ W/m}^2$
- Carga de calefacción:  $21.1 \text{ Kcal/hm}^2 = 21.1 \times 1.163 \text{ w/m}^2 = 24.54 \text{ W/m}^2$

Ambos valores de carga son muy superiores a los límites establecidos por el estándar Passivhaus.

Las cargas de calefacción y refrigeración tienen en cuenta el calor transmitido al interior de la vivienda a través de la envolvente, el calor emitido por las personas en función del tipo de la actividad, el emitido por la iluminación, por ventilación, por infiltraciones y por los diferentes equipos instalados.

En la definición de recintos se pueden definir ocupaciones, iluminación, ventilación y otras cargas, que van a determinar las cargas de calefacción y refrigeración. Realizando las siguientes modificaciones con respecto a los valores predefinidos de Cypecad Mep:

- Ocupaciones: Cuatro personas en estar-comedor y una persona por dormitorio.

- Iluminación: Considerar luminarias de baja potencia, con un número fijo por estancia.
- No considerar otras cargas.

En este caso, los valores de carga que se obtienen son:

Refrigeración		
Conjunto	Potencia por superficie (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))	Potencia total (kcal/h)
Vivienda TFM	18.0	2525.8

Calefacción		
Conjunto	Potencia por superficie (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))	Potencia total (kcal/h)
Vivienda TFM	21.0	2958.9

**Tabla 5.13. Cargas de calefacción y refrigeración-2**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

Estos valores siguen siendo altos con respecto a las limitaciones Passivhaus:

- Carga de refrigeración:  $18.0 \text{ Kcal/hm}^2 = 25.6 \times 1.163 \text{ w/m}^2 = 20.93 \text{ W/m}^2$
- Carga de calefacción:  $21.0 \text{ Kcal/hm}^2 = 21.0 \times 1.163 \text{ w/m}^2 = 24.42 \text{ W/m}^2$

Si directamente se eliminan las cargas producidas por la ocupación, por iluminación y por otras cargas, se obtiene:

Refrigeración		
Conjunto	Potencia por superficie (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))	Potencia total (kcal/h)
Vivienda TFM	13.2	1850.2

Calefacción		
Conjunto	Potencia por superficie (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))	Potencia total (kcal/h)
Vivienda TFM	21.0	2958.9

**Tabla 5.14. Cargas de calefacción y refrigeración-3**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

Y los resultados siguen estando alejados del límite de  $10 \text{ W/m}^2$ :

- Carga de refrigeración:  $13.2 \text{ Kcal/hm}^2 = 13.2 \times 1.163 \text{ w/m}^2 = 15.35 \text{ W/m}^2$
- Carga de calefacción:  $21.0 \text{ Kcal/hm}^2 = 21.0 \times 1.163 \text{ w/m}^2 = 24.42 \text{ W/m}^2$

Analizando diferentes viviendas Passivhaus (Plataforma de Edificación Passivhaus) en relación a la vivienda objeto de estudio, y teniendo en cuenta sus demandas energéticas así como sus cargas térmicas:



Vivienda	Ubicación	Demanda calefacción (Kwh/m <sup>2</sup> año)	Carga calefacción (W/m <sup>2</sup> )	Demanda refrigeración (Kwh/m <sup>2</sup> año)	Carga refrigeración (W/m <sup>2</sup> )
<b>Objeto de estudio</b>	Alicante (Com. Valen.)	3.77	24.54	11.77	29.77
<b>Villa Moraira</b>	Teulada (Com. Valen.)	12.00	12.00	17.00	11.00
<b>Casa Sol y Viento</b>	Míjar (Andalucía)	8.80	10.10	5.00	9.00
<b>Can Tanca</b>	San Lorenzo (Baleares)	9.30	10.00	13.00	7.10
<b>Proyecto Tierra</b>	Mallorca (Islas Baleares)	8.00	12.00	15.00	9.00

**Tabla 5.15. Comparativa entre demandas y cargas de calefacción y refrigeración de diferentes viviendas Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia a partir de Plataforma de Edificación Passivhaus*

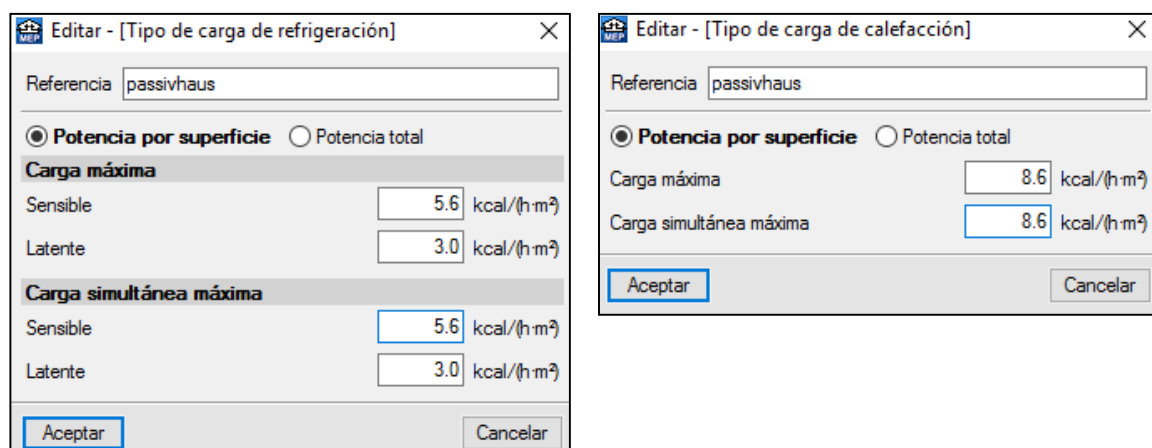
Las viviendas seleccionadas para la comparativa de la tabla anterior se ubican en climas asimilables al de la vivienda objeto de estudio, y las demandas de calefacción y refrigeración son también muy similares. Sin embargo, las cargas que se obtienen tanto en calefacción como en refrigeración son muy inferiores a las obtenidas en Cypecad Mep. Ello hace suponer que Cypecad Mep realiza un cálculo de cargas mucho más restrictivo que el realizado por el software PHPP (Passive House Planning Package), por lo que para continuar con el estudio del presente trabajo se adoptan los valores límite de carga de calefacción y refrigeración para la vivienda objeto de estudio, obviando los obtenidos con Cypecad Mep:

Vivienda	Ubicación	Demanda calefacción (Kwh/m <sup>2</sup> año)	Carga calefacción (W/m <sup>2</sup> )	Demanda refrigeración (Kwh/m <sup>2</sup> año)	Carga refrigeración (W/m <sup>2</sup> )
Objeto de estudio	Alicante (Com. Valen.)	3.77	10.00	11.77	10.00

Tabla 5.16. Valores de carga de calefacción y refrigeración adoptados

Fuente: Elaboración propia

Estas cargas de calefacción y refrigeración se deben asignar a cada uno de los recintos de Cypecad Mep:

Fig. 5.60. Asignación de cargas de calefacción y refrigeración de 10W/m<sup>2</sup>

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

La suma de carga sensible y carga latente es la carga total de refrigeración, igual a 8.6Kcal/hm<sup>2</sup>:

- Carga de refrigeración:  $8.6\text{Kcal/hm}^2 = 8.6 \times 1.163 \text{ w/m}^2 = 10.00 \text{ W/m}^2$

En cuanto a la carga de calefacción:

- Carga de calefacción:  $8.6\text{Kcal/hm}^2 = 8.6 \times 1.163 \text{ w/m}^2 = 10.00 \text{ W/m}^2$

### 3. Consumo de energía primaria para calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria y electricidad doméstica y auxiliar

El consumo de energía está directamente ligado a las demandas energéticas y a los rendimientos de los equipos.

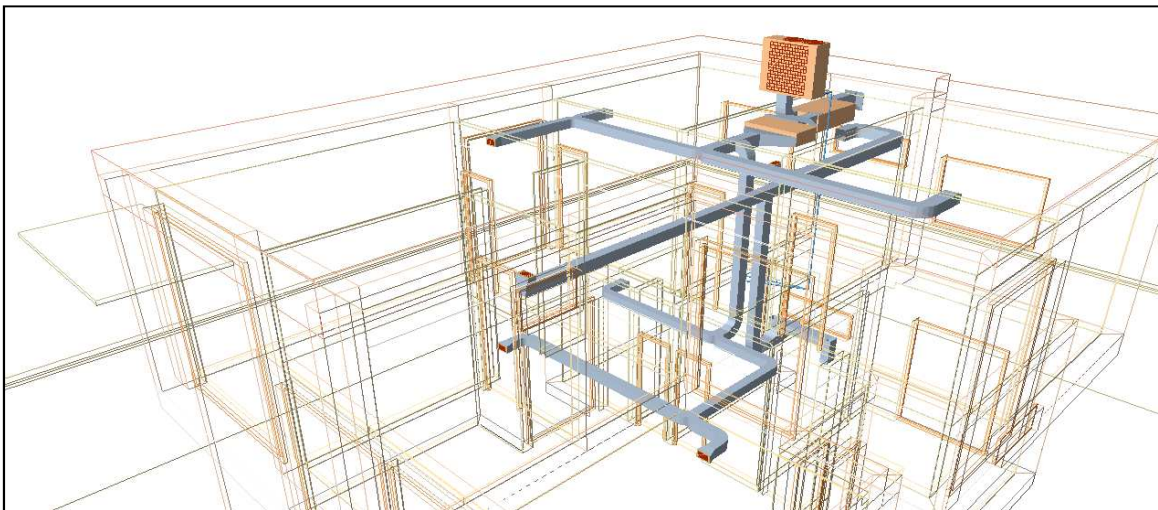
Los equipos dispuestos en el proyecto de vivienda Passivhaus en relación a las demandas energéticas son los siguientes:

Demanda energética	Equipo
Ventilación y climatización	Ventilación y climatización por conductos, con recuperador de calor, fancoil interior y bomba de calor exterior.
ACS	Bomba de calor para ACS, potencia=1.90Kw, COP=3.50
Electricidad doméstica y auxiliar	Instalación fotovoltaica de 12 paneles de 310Wp <sup>36</sup> con batería

**Tabla 5.17. Demandas energéticas y equipos. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia*

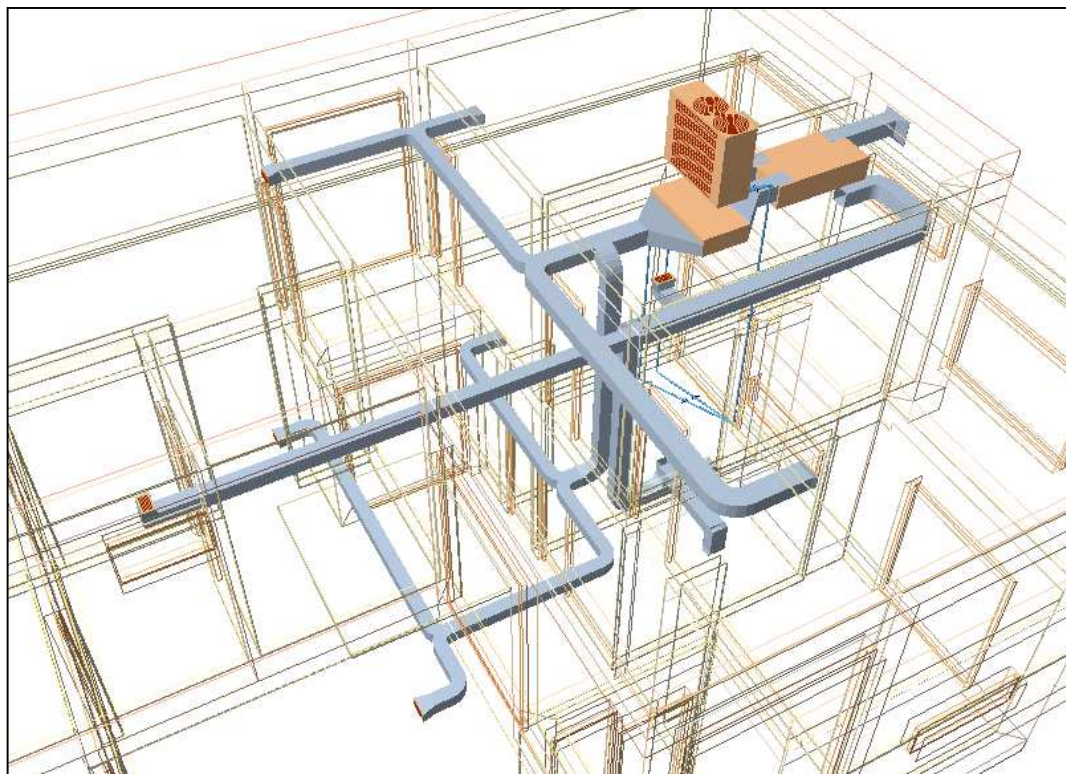
- El diseño de la instalación de ventilación y climatización se describe en las siguientes figuras:



**Fig. 5.61. Instalación de ventilación y climatización, vista 3D-1. Vivienda Passivhaus**

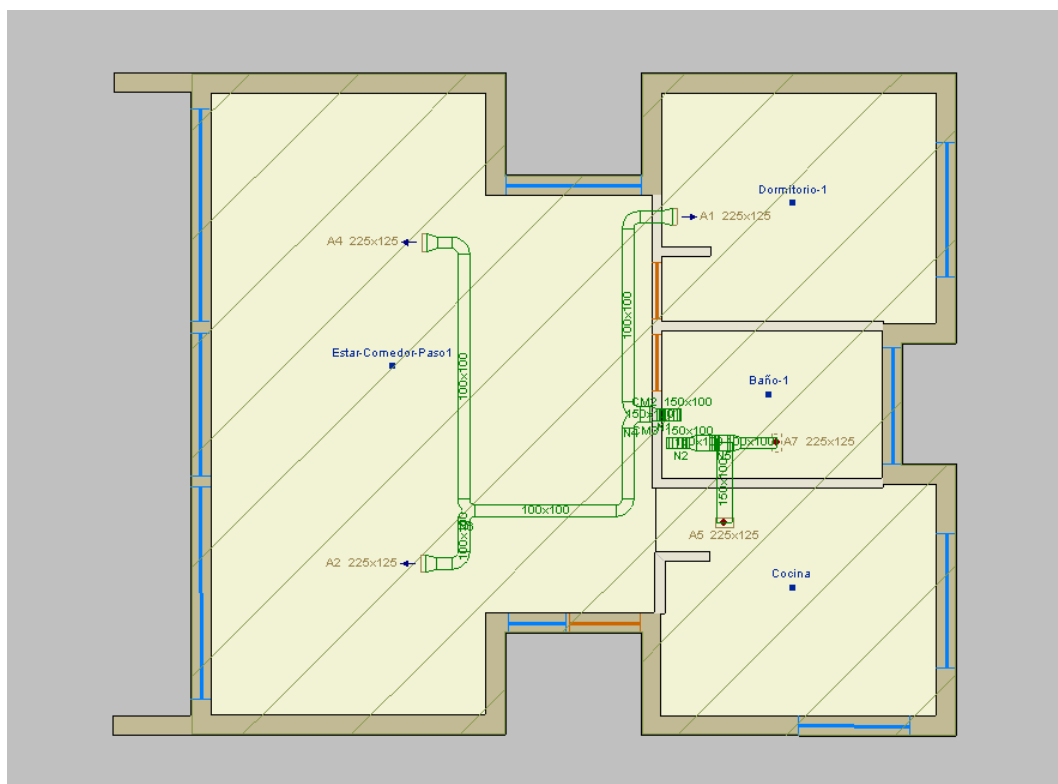
*Fuente: Eleboración propia. Cypecad Mep*

<sup>36</sup> Wp es la potencia pico o máxima potencia que un panel fotovoltaico puede generar.



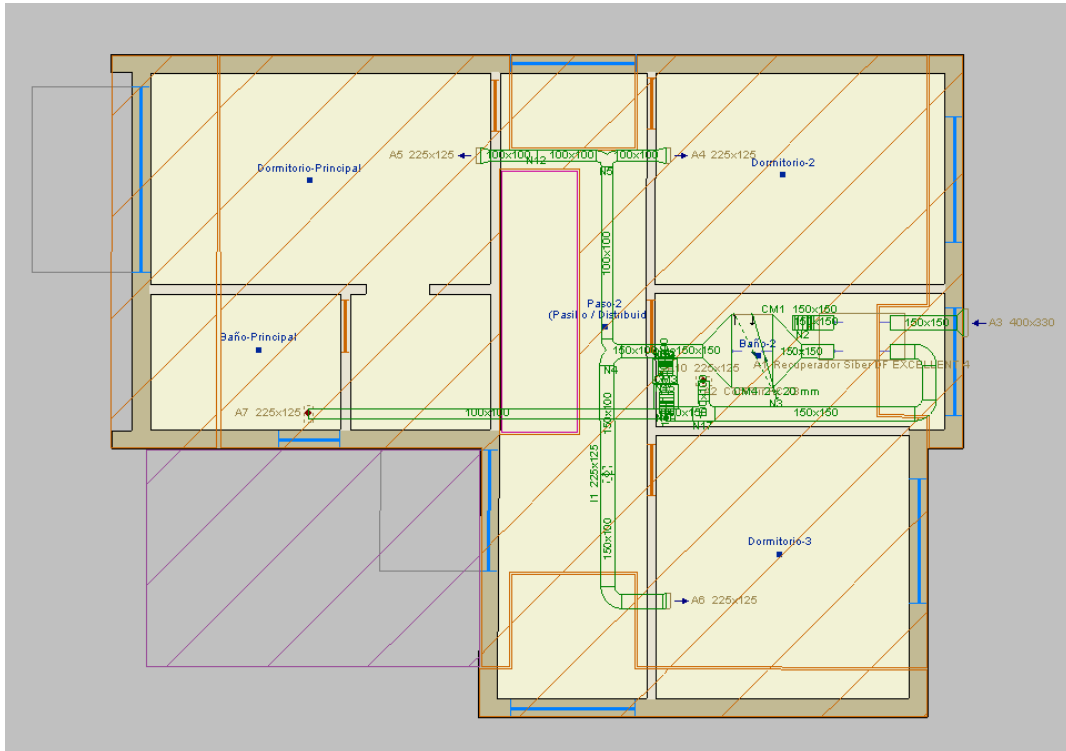
**Fig. 5.62. Instalación de ventilación y climatización, vista 3D-2. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Eleboración propia. Cypecad Mep*



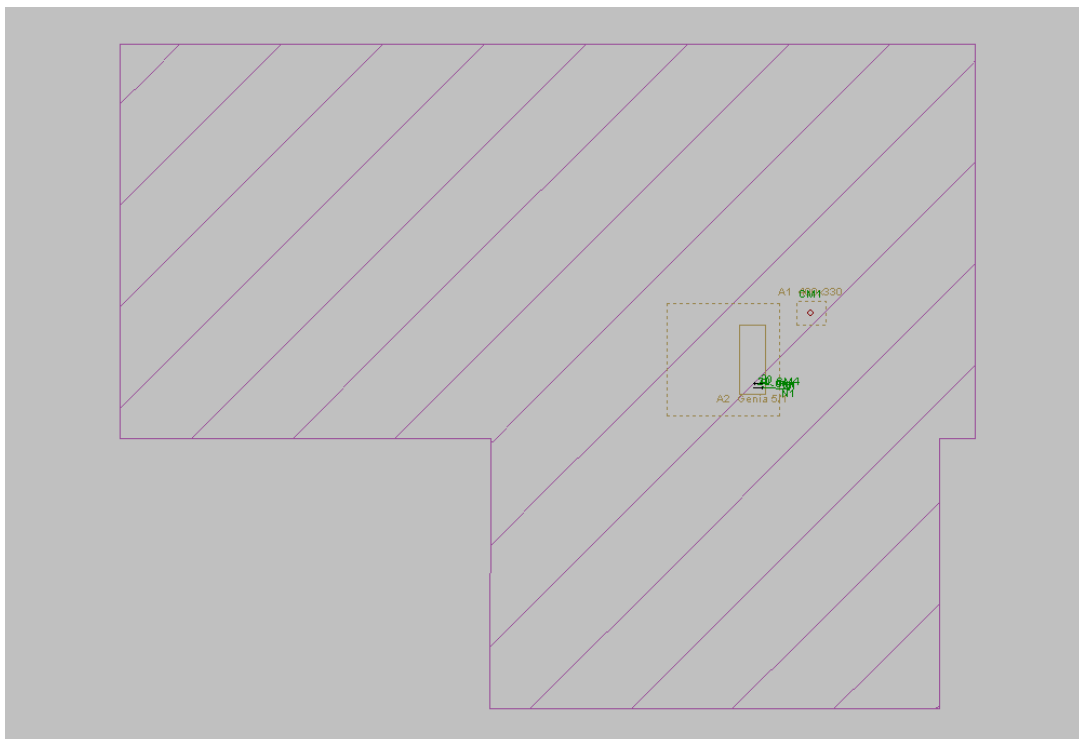
**Fig. 5.63. Instalación de ventilación y climatización, planta baja. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*



**Fig. 5.64. Instalación de ventilación y climatización, planta primera. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*



**Fig. 5.65. Instalación de ventilación y climatización, planta cubierta. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

Los equipos obtenidos una vez realizados los cálculos pertinentes, son los que se describen en la siguiente tabla:

Equipo	Descripción
<b>Bomba de calor</b>	Bomba de calor reversible Genia 5/1 "SAUNIER DUVAL", aire-agua, potencia calorífica nominal de 4,5 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 7°C, temperatura de salida del agua: 35°C, salto térmico: 5°C), potencia frigorífica nominal de 4,5 kW (temperatura de entrada del aire: 35°C, temperatura de salida del agua: 18°C, salto térmico: 5°C), potencia sonora de 61 dBA, de 800x970x360 mm, alimentación monofásica a 230 V, con compresor rotativo, bomba de circulación de 2 velocidades, vaso de expansión de 2 l, presostato diferencial de caudal, filtro, manómetros, válvula de seguridad y purgador automático de aire, comunicación a dos hilos a través del protocolo Ebus, centralita de control Examaster, para integración de varios dispositivos comunicados a través del protocolo Ebus y vía radio con esquemas hidráulicos predefinidos, chequeo automático y parametrización paso a paso y sonda de captación de temperatura exterior vía radio, incluso termostato-programador de ambiente, programación semanal y gestión de ausencias, Exacontrol E7RCSH, termómetros, para instalación en exterior.
<b>Fancoil</b>	Fancoil horizontal sin envolvente, con retorno horizontal, modelo Comfair HC 73 "LENNOX", sistema de dos tubos, potencia frigorífica total nominal de 4,69 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 19°C; temperatura de entrada del agua: 7°C, salto térmico: 5°C), potencia calorífica nominal de 4,94 kW (temperatura de entrada del aire: 20°C; temperatura de entrada del agua: 50°C), de 6 velocidades, caudal de agua nominal de 0,808 m³/h, caudal de aire nominal de 708 m³/h y potencia sonora nominal de 52 dBA, con válvula de tres vías con bypass (4 vías), modelo VMP47.10-1,6, "HIDROFIVE", con actuador.
<b>Recuperador de calor</b>	Central de ventilación de doble flujo con recuperador de calor, montaje mural o en suelo, modelo DF Excellent 4 "SIBER", caudal máximo de 400 m³/h a 170 Pa, de 675x765x564 mm, ventiladores controlados electrónicamente para caudal constante, recuperación de calor de hasta el 95% con intercambiador a contracorriente y flujos cruzados, de material plástico, bypass automático para free-cooling, filtros tipo G3, sistema de protección antihielo y sensores de CO2, compatible con sistema geotérmico intercambiador de calor aire-tierra.

**Tabla 5.18. Equipos para climatización y ventilación. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*



- En cuanto al sistema de producción de ACS, éste se compone por una bomba de calor ACS, con acumulador de 180l, de potencia térmica=1.90Kw, y COP=3.5. La casa comercial es AQUARIA, modelo AQ180, compacto.



Fig. 5.66. Modelo bomba de calor para ACS AQ180, compacta. Vivienda Passivhaus

Fuente: [www.efitherma.com](http://www.efitherma.com)

AQUARIA									
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS									
Modelo		AQ75	AQ100	AQ110	AQ180	AQ200	AQ250	AQ300	AQ500
Formato		MURAL	SUELO	MURAL			SUELO		
Volumen acumulación	L	75	100	110	180	200	250	300	50
Dimensiones (AxBxC)	mm	450x980x450	590x1002x545	450x1002x450	450x1917x450	590x1452x545	590x1770x545	590x2013x545	710x2000x694
Peso	kg	75	85	90	95	100	105	120	180
Material		Acero Inoxidable							
Temperatura de servicio	°C	35-40							
Temperatura máxima modo bomba de calor	°C	55							
Temperatura máxima apoyo eléctrico	°C	70							
Potencia térmica ACS (1)	W	1385							
Potencia absorbida TOTAL(1)	W	490							
COP(1)		2,8							
Potencia térmica ACS (2)	W	1900							
Potencia absorbida (2)	W	550							
COP(2)		3,5							
Potencia térmica máxima con apoyo	W	3500							
Consumo máximo con apoyo	W	2050							
Alimentación eléctrica	V/ph/Hz	230/1/50							
Diámetro conexión aire	mm	120							
Conexiones hidráulicas	pulg.	3/4-3/4							
Presión de servicio	bar	6							
Refrigerante		R134A							
1) EN 16147: Aire interior 15°C, Agua 10 -55°C									
2) LN 255-3: Aire interior 20°C, Agua 15 -50°C.									

Fig. 5.67. Ficha técnica bomba de calor para ACS, AQ110. Vivienda Passivhaus

Fuente: [www.efitherma.com](http://www.efitherma.com)

Por tanto, el equipo de producción de ACS queda definido de la siguiente manera:

Equipo	Descripción
<b>Bomba de calor ACS</b>	Bomba de calor para ACS, modelo AQ180, volumen de acumulación 180l, potencia térmica 1.90Kw y rendimiento COP=3.50.

**Tabla 5.19. Equipo para producción de ACS mediante bomba de calor. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia a partir de ficha técnica*

- La instalación fotovoltaica se proyecta para cubrir la demanda de electricidad doméstica y auxiliar. Esta demanda de electricidad no se obtiene del programa Cypecad Mep puesto que no es un parámetro que se regule normativamente en viviendas unifamiliares en la actualidad, por tanto se debe obtener de otras fuentes estadísticas. Se acude así al IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), de donde se obtiene la siguiente tabla:

Unidad: kWh/hogar	Servicios	Zona Atlántica		Zona Continental		Zona Mediterránea		España	
Pisos	Calefacción	1.992	22,2%	4.408	43,9%	1.573	24,6%	2.670	34,0%
	Agua caliente sanitaria	2.255	25,1%	2.313	23,0%	1.646	25,8%	1.958	24,9%
	Cocina	932	10,4%	683	6,8%	492	7,7%	618	7,9%
	Refrigeración	528	5,9%	225	2,2%	127	2,0%	151	1,9%
	Iluminación	361	4,0%	292	2,9%	476	7,5%	397	5,1%
	Electrodomésticos	2.665	29,7%	1.885	18,8%	1.839	28,8%	1.828	23,3%
	Standby	250	2,8%	238	2,4%	233	3,6%	237	3,0%
	<b>TOTAL</b>	<b>8.981,866</b>	<b>100%</b>	<b>10.044,848</b>	<b>100%</b>	<b>6.386,105</b>	<b>100%</b>	<b>7.859,112</b>	<b>100%</b>
Unifamiliares	Calefacción	9.938	45,9%	15.270	71,2%	9.245	63,3%	11.311	66,5%
	Agua caliente sanitaria	1.394	6,4%	1.858	8,7%	1.607	11,0%	1.664	9,8%
	Cocina	1.646	7,6%	1.146	5,3%	819	5,6%	1.019	6,0%
	Refrigeración	5.201	24,0%	275	1,3%	175	1,2%	209	1,2%
	Iluminación	332	1,5%	423	2,0%	471	3,2%	439	2,6%
	Electrodomésticos	2.966	13,7%	2.261	10,5%	2.060	14,1%	2.154	12,7%
	Standby	192	0,9%	213	1,0%	222	1,5%	216	1,3%
	<b>TOTAL</b>	<b>21.670,481</b>	<b>100%</b>	<b>21.445,292</b>	<b>100%</b>	<b>14.598,351</b>	<b>100%</b>	<b>17.011,982</b>	<b>100%</b>
España	Calefacción	4.015	35,7%	7.342	55,9%	3.972	44,3%	5.172	49,2%
	Agua caliente sanitaria	2.038	18,1%	2.193	16,7%	1.638	18,3%	1.877	17,8%
	Cocina	1.116	9,9%	815	6,2%	595	6,6%	737	7,0%
	Refrigeración	757	6,7%	238	1,8%	142	1,6%	170	1,6%
	Iluminación	353	3,1%	329	2,5%	474	5,3%	410	3,9%
	Electrodomésticos	2.745	24,4%	1.992	15,2%	1.908	21,3%	1.924	18,3%
	Standby	235	2,1%	231	1,8%	229	2,6%	231	2,2%
	<b>TOTAL</b>	<b>11.259,109</b>	<b>100%</b>	<b>13.140,647</b>	<b>100%</b>	<b>8.958,722</b>	<b>100%</b>	<b>10.520,629</b>	<b>100%</b>

**Tabla 5.20. Consumo medio por servicio y hogar**

*Fuente: IDAE*

Puesto que se trata de determinar la demanda eléctrica doméstica y auxiliar a cubrir mediante paneles fotovoltaicos, los servicios que se deben computar serán: Cocina, iluminación, electrodomésticos y Standby; para vivienda unifamiliar y en zona Mediterránea. Por tanto:



Servicio	Consumo medio
Cocina	819.00 Kwh/año
Iluminación	471.00 Kwh/año
Electrodomésticos	2,060.00 Kwh/año
Standby	222.00 Kwh/año
<b>TOTAL</b>	<b>3,572.00 Kwh/año = 9,786.30 Wh/día</b>

**Tabla 5.21. Demanda de electricidad doméstica y auxiliar estimada**

*Fuente: Elaboración propia a partir de datos IDAE*

El consumo medio obtenido será la demanda energética de electricidad doméstica y auxiliar a cubrir mediante la instalación fotovoltaica, en este caso 9,786.30 Wh/día.

La instalación fotovoltaica propuesta es una instalación conectada a red con baterías, según se refleja en el esquema de la siguiente figura:



**Fig. 5.68. Esquema instalación fotovoltaica con batería y conexión a red**

*Fuente: [www.solarmat.es](http://www.solarmat.es)*

La estimación del número de paneles a instalar se obtiene según el siguiente procedimiento:

Puesto que la instalación tiene un rendimiento del 75%, se calculará la instalación para una demanda total de 13,048.40 Wh/día, que permitirán cubrir el total de la demanda media estimada.

Para tener en cuenta la radiación solar disponible en Alicante, se acude a la aplicación PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System - Interactive Maps):

**Fig. 5.69. Información fotovoltaica Alicante-1**

Fuente: Photovoltaic Geographical Information System

La ubicación de Alicante ofrece los siguientes datos: Potencia pico 1Kwp, inclinación 35°, orientación sur.

Se pincha la pestaña “calcular” y se obtienen los siguientes resultados:

Fixed system: inclination=35°, orientation=0°				
Month	$E_d$	$E_m$	$H_d$	$H_m$
Jan	3.54	110	4.52	140
Feb	4.13	116	5.32	149
Mar	4.85	150	6.38	198
Apr	4.83	145	6.44	193
May	5.06	157	6.80	211
Jun	5.24	157	7.15	214
Jul	5.28	164	7.29	226
Aug	5.17	160	7.17	222
Sep	4.68	141	6.41	192
Oct	4.27	132	5.76	179
Nov	3.52	106	4.58	138
Dec	3.17	98.4	4.07	126
Yearly average	4.48	136	5.99	182
Total for year		1640		2190

**Fig. 5.70. Información fotovoltaica Alicante-2**

Fuente: Photovoltaic Geographical Information System

El mes más desfavorable es diciembre con 4.07Kwh, por lo que se realiza la instalación para esas condiciones más desfavorables, asegurando la cobertura de la demanda para todo el año.

La radiación solar incidente se divide entre la radiación solar incidente utilizada para calibrar los módulos (1Kw/m2):

$$4.05Kwh / 1Kw/m^2 = 4.05 HSP (Horas sol pico)$$

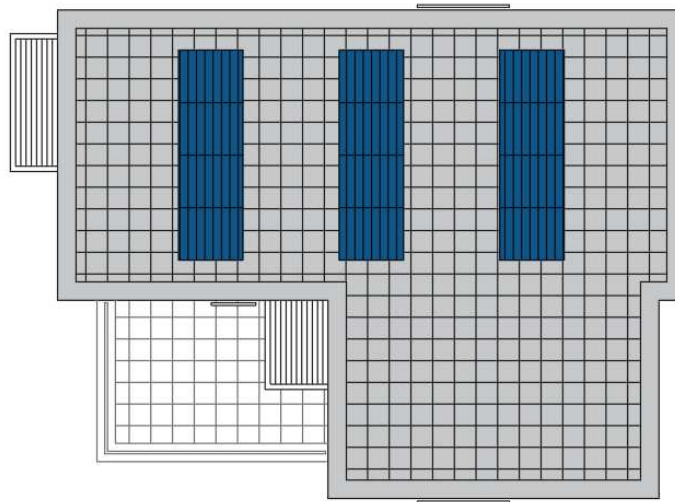
Ya se puede realizar el cálculo del número de paneles fotovoltaicos de 310Wp:

$$N^{\circ}módulos = (energía\ necesaria) / HSP * rendimiento\ de\ trabajo * potencia\ pico\ del\ módulo$$

Rendimiento de trabajo: Por ensuciamiento y deterioro (0.7-0.8)

$$N^{\circ}módulos = 13,048.40 / 4.07 * 0.8 * 310 = 12.93 = 13\ módulos\ de\ 310Wp$$

Se obtienen 13 módulos de 310 Wp. Sin embargo, ser un número impar no es práctico a la hora de realizar la distribución de paneles en cubierta, por lo que se opta por disponer 12 paneles para distribuirlos en tres filas de cuatro.



**Fig. 5.71. Paneles fotovoltaicos en cubierta. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia*

Este dimensionado de la instalación fotovoltaica sirve para acudir a una casa comercial y escoger un kit completo que cubra las siguientes características:

- Demanda total de 9,786.30 Wh/día
- 12 paneles de 310Wp

Se opta así por un kit solar de la tienda online [www.solartmat.es](http://www.solartmat.es), con sus características reflejadas en la siguiente tabla:

Equipo	Descripción
<b>Kit solar 5000VA 48V</b>	<p>Sistema fotovoltaico autónomo, con potencia nominal de 5000VA, 3720W en paneles (producción de 5800 kWh/año, 15,8 kWh/día de media, 20 en verano y 10,5 en invierno) y banco de baterías de 48V de descarga profunda con 27,6 kWh de capacidad (13,8 kWh útiles). Función Power Assist para complementar con potencia de red. Comunicaciones avanzadas incluidas via App o Cloud en Internet.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Multi Inversor/Cargador senoidal Phoenix MultiPlus 48/5000/70-50</li> <li>• 12 Modulo solar Amerisolar 310W 72 células 35V Poli</li> <li>• 4 Batería 12V TAB-VESNA 5 TOPzS 442 2V 575Ah C100 traslúcido</li> <li>• 2 Estructura soporte cubierta plana 35º 6 módulos verticales</li> <li>• 1 Victron Color Control GX</li> <li>• 1 Monitor de baterías Victron BMV-700 ( 9-90 vdc)</li> <li>• 1 Regulador BlueSolar MPPT 150/70 Tr (12/24/48V - 70A)</li> </ul>

**Tabla 5.22. Equipo de producción de energía solar fotovoltaica. Vivienda Passivhaus**

Fuente: [www.solarmat.es](http://www.solarmat.es)

El Kit seleccionado de energía fotovoltaica produce de media 15.8 Kwh/día, siendo la mínima producción de invierno de 10.5 Kwh/día, que es superior a los 9,786.30 Wh/día de demanda eléctrica doméstica y auxiliar prevista en la vivienda.

Por tanto, se puede concluir que a través de la instalación fotovoltaica propuesta se cubrirá la demanda eléctrica doméstica y auxiliar.



**Fig. 5.72. Kit solar 5000VA 48V**

Fuente: [www.solarmat.es](http://www.solarmat.es)

Como se puede apreciar en la Fig. 5.72, el kit solar seleccionado cuenta con un generador opcional, que en este caso no sería necesario por realizarse la conexión a la red.

Un aspecto importante a tener en cuenta en la instalación fotovoltaica con batería conectada a red es el conocido “impuesto al sol”. Este impuesto al sol viene regulado por el RD900/2015, y no afecta a instalaciones de menos de 10Kw sin baterías. En caso de llevarlas, la suma entre la potencia eléctrica demandada a la red y la potencia del sistema fotovoltaico no debe superar la potencia contratada.

$$\text{Potencia demandada a red} + \text{Potencia fotovoltaica} < \text{Potencia contratada}$$

Donde:

La potencia del sistema fotovoltaico es de 12paneles x 310 Wp= 3.72Kw

La potencia eléctrica de la vivienda es de 9.20Kw según Anexo-01.05

Por tanto:

$$\text{Demanda máxima a la red} = 9.20\text{Kw} - 3.72\text{ Kw} = 5.48\text{ Kw}$$

Puesto que con la energía fotovoltaica se está cubriendo la demanda eléctrica doméstica y auxiliar, los 5.48 Kw deberán ser suficientes para abastecer los consumos de ventilación, climatización y ACS.

Equipo	Potencia (Kw)	Rendimiento	Demanda máxima a la red (Kw)
Recuperador de calor	0.14	1.00	0.14
Fancoil	7.87 (calefacción)	4.00	7.87/4=1.97
Bomba de calor	6.32 (calefacción)	4.00	6.32/4=1.58
Bomba de calor ACS	1.90	3.50	1.90/3.50=0.54
<b>TOTAL</b>			<b>4.23</b>

**Tabla 5.23. Demanda eléctrica a la red. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia*

Por tanto, y ya que la demanda eléctrica a la red derivada de los consumos de ventilación, climatización y ACS son de 4.23Kw, inferiores a 5.48 Kw, no se producirá el impuesto al sol.

En caso de que se llegasen a rebasar los 5.48Kw, sólo se requeriría aumentar la potencia contratada hasta el punto en que no se produjese esa situación y evitar así el

citado impuesto. Por tanto, el impuesto al sol es evitable mediante un adecuado ajuste de la instalación.

- Cálculo de consumos energéticos:

A la hora de realizar el cálculo de la energía primaria para calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria y electricidad doméstica y auxiliar, hay que tener en cuenta qué dato aporta el programa Cypecad Mep en cuanto al cálculo del consumo energético.

Cypecad Mep verifica las disposiciones establecidas por el CTE, que en el caso del consumo energético se regula en el DB-HE0, limitación del consumo energético. Este DB-HE0 limita el consumo de *energía primaria no renovable para calefacción, refrigeración y ACS*.

El estándar Passivhaus limita la energía primaria global, que es la suma de energía primaria no renovable y renovable, y considera además el consumo de electricidad doméstica y auxiliar.

Por tanto al consumo energético obtenido en Cypecad Mep habrá que sumarle el consumo de electricidad doméstica y auxiliar, y la parte de consumo correspondiente a energía primaria renovable para obtener la energía primaria global.

Otro factor a tener en cuenta es que Cypecad Mep considera un aporte de energía solar para ACS del 60%, y que también habrá que compensar del resultado obtenido al estar considerando como sistema de producción de ACS una bomba de calor de 1.90KW y COP=3.50.

Para realizar el cálculo del consumo energético de energía primaria no renovable para climatización y ACS mediante Cypecad Mep, lo primero es introducir los equipos que van a cubrir las demandas de calefacción, refrigeración y ACS en el apartado de Datos Generales del DBHE-0:

**Datos generales (CTE DB HE 0)**

**Porcentaje de demanda de ACS satisfecha mediante energía solar térmica (CTE DB HE 4)**

Valores de la contribución solar de ACS por vivienda

☐ Valores calculados en 'Solar térmica'
 ☐ Valores introducidos por el usuario
 ☒ **Valores por defecto**

Los valores por defecto corresponden al porcentaje mínimo exigido de contribución solar en función de la demanda diaria de ACS y la zona climática, conforme a CTE DB HE 4.

**Definición de los sistemas técnicos de aporte del edificio para el cálculo del consumo energético**

Sistemas de aporte energético del edificio	Acumulación ACS
Sistema 1	<input checked="" type="checkbox"/>

Aceptar Cancelar

**Fig. 5.73. Introducción datos generales DBHE-0. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

Se crea un sistema con tres equipos y un depósito de acumulación de ACS (La bomba de calor para ACS incorpora un depósito de 180l), donde el equipo-1 es la bomba de calor para ACS, el equipo-2 el fancoil y el equipo-3 la bomba de calor para climatización.

**Sistema 1**

**Parámetros técnicos del elemento para la simulación energética:**

☒ Sistema con depósito de acumulación de ACS

Coeficiente global de pérdidas, UA	1.5 W/K
Volumen de acumulación	180 l
Número de depósitos (multiplicador)	1
Temperaturas de consigna alta y baja del depósito	80 / 60 °C

**Equipos técnicos pertenecientes al sistema de aporte de energía**

Equipos
Equipo 1
Equipo 2
Equipo 3

**Fig. 5.74. Definición de sistema de consumo energético. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

Equipo 1	
<b>Parámetros técnicos del elemento para la simulación energética:</b>	
Tipo de vector energético utilizado	Electricidad
Servicios atendidos por el equipo	<input type="checkbox"/> Calefacción <input checked="" type="checkbox"/> ACS <input type="checkbox"/> Refrigeración
Capacidad calorífica nominal	1.9 kW
Rendimiento medio estacional de calor	3.5
Número de equipos (multiplicador)	1
<input type="button" value="Aceptar"/> <input type="button" value="Cancelar"/>	

**Fig. 5.75. Definición de equipo-1. Bomba de calor ACS. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

En este caso se ha introducido como rendimiento medio estacional el COP (Coeficiente de eficiencia energética en modo de calefacción), que es el que figura en el catálogo.

En cuanto a los equipos 2 y 3, es decir, el fancoil y la bomba de calor se van a adoptar los valores de SCOP y SEER, en lugar de COP y EER:

- EER: Energy Efficiency Ratio (Coeficiente de eficiencia energética en modo de refrigeración)
- SEER: Seasonal Energy Efficiency Ratio (Coeficiente estacional de eficiencia energética en modo de refrigeración)
- COP: Coefficient of Performance (Coeficiente de eficiencia energética en modo de calefacción)
- SCOP: Seasonal Coefficient of Performance (Coeficiente estacional de eficiencia energética en modo de calefacción)

EER y COP miden el rendimiento a potencia máxima de los equipos, mientras que SEER y SCOP miden los rendimientos medios estacionales, lo cual es más significativo a la hora de evaluar los consumos los equipos.

Las calificaciones energéticas se los equipos de climatización están en función de los rendimientos SEER y SCOP, según se refleja en la siguiente tabla:



Etiqueta	Rendimiento en Refrigeración	Rendimiento en Calefacción
A+++	$SEER \geq 8,50$	$SCOP \geq 5,10$
A++	$6,10 \leq SEER < 8,50$	$4,60 \leq SCOP < 5,10$
A+	$5,60 \leq SEER < 6,10$	$4,00 \leq SCOP < 4,60$
A	$5,10 \leq SEER < 5,60$	$3,40 \leq SCOP < 4,00$
B	$4,60 \leq SEER < 5,10$	$3,10 \leq SCOP < 3,40$
C	$4,10 \leq SEER < 4,60$	$2,80 \leq SCOP < 3,10$
D	$3,60 \leq SEER < 4,10$	$2,50 \leq SCOP < 2,80$
E	$3,10 \leq SEER < 3,60$	$2,20 \leq SCOP < 2,50$
F	$2,60 \leq SEER < 3,10$	$1,90 \leq SCOP < 2,20$
G	$SEER < 2,60$	$SCOP < 1,90$

**Fig. 5.76. Calificación energética de equipos y rendimientos SEER y SCOP**

*Fuente: [www.nergiza.com](http://www.nergiza.com)*

Puesto que no se han encontrado los valores SEER y SCOP de los equipos considerados en Cypecad Mep, se va a considerar que los equipos utilizados tienen calificación energética B, adoptando una postura conservadora. Por tanto, y utilizando valores medios de rendimiento:

- $SEER = (4.60 + 5.10) / 2 = 4.85$
- $SCOP = (3.10 + 3.40) / 2 = 3.25$

Hay que tener en cuenta que el fancoil está trabajando a un caudal de  $350\text{m}^3/\text{h}$  para que funcione correctamente conectado a la red de ventilación y al recuperador de calor, cuyo caudal está fijado también en  $350\text{m}^3/\text{h}$ . Por ello, la potencia de trabajo del fancoil no es la potencia máxima que se refleja en la descripción del equipo, sino la que se describe en la siguiente figura:

**Serie**

☒ Comfair HC (Potencias frigoríficas de 0,9 a 11,0 kW)

☐ Comfair HH (Potencias frigoríficas de 4,0 a 50,6 kW)

**Modelo / potencia frigorífica nominal**

☐ 13 / 0,9 kW ☐ 23 / 1,3 kW

☐ 33 / 2,1 kW ☐ 43 / 2,5 kW

☐ 53 / 3,1 kW ☐ 63 / 3,9 kW

☒ 73 / 4,7 kW ☐ 83 / 5,6 kW

☐ 93 / 6,9 kW ☐ 103 / 8,0 kW

☐ 113 / 10,0 kW ☐ 123 / 11,0 kW

**Velocidad del ventilador**

☐ Velocidad I ☐ Velocidad II ☒ Velocidad III

☐ Velocidad IV ☐ Velocidad V ☐ Velocidad VI

**Refrigeración**

Temperatura de entrada del agua (°C), salto térmico: 5°C

Temperatura de entrada del aire, húmeda (°C)

Temperatura de entrada del aire, seca (°C)

**Calefacción**

Temperatura de entrada del agua (°C)

Temperatura de entrada del aire (°C)

Caudal de aire (m³/h)

**Resultados**

Potencia frigorífica total: 2.6 kW    Potencia frigorífica sensible: 1.66 kW    Potencia calorífica: 2.64 kW

Caudal de agua: 0.605 m³/h    Pérdida de carga del agua: 31.4 kPa

Potencia sonora: 42 dBA    Caudal de aire: 350 m³/h    Presión de aire: 15.1 Pa

Fig. 5.77. Condiciones de trabajo del fancoil. Vivienda Passivhaus

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

Por tanto, los datos a introducir en la definición del equipo-2, fancoil, serán:

**Equipo 2**

**Parámetros técnicos del elemento para la simulación energética:**

Tipo de vector energético utilizado **Electricidad**

Servicios atendidos por el equipo ☒ Calefacción ☐ ACS ☒ Refrigeración

Capacidad calorífica nominal **2.64 kW**

Rendimiento medio estacional de calor **3.25**

Capacidad frigorífica nominal **2.6 kW**

Rendimiento medio estacional de frío **4.85**

Número de equipos (multiplicador) **1**

Fig. 5.78. Definición de equipo-2. Fancoil. Vivienda Passivhaus

Fuente: Eleaboración propia. Cypecad Mep

En cuanto a la definición del equipo-3, bomba de calor:

Equipo 3	
<b>Parámetros técnicos del elemento para la simulación energética:</b>	
Tipo de vector energético utilizado	Electricidad
Servicios atendidos por el equipo	<input checked="" type="checkbox"/> Calefacción <input type="checkbox"/> ACS <input checked="" type="checkbox"/> Refrigeración
Capacidad calorífica nominal	4.5 kW
Rendimiento medio estacional de calor	3.25
Capacidad frigorífica nominal	4.5 kW
Rendimiento medio estacional de frío	4.85
Número de equipos (multiplicador)	1
<div> <div>Aceptar</div> <div>Cancelar</div> </div>	

**Fig. 5.79. Definición de equipo-3. Bomba de calor. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

Realizando el cálculo del consumo energético según DBHE-0, se obtiene:

<b>1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO</b>
<b>1.1.- Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable.</b>
$C_{ep,edificio} = 12.30 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq C_{ep,lim} = C_{ep,base} + F_{ep,sup}/S = 52.10 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$
donde:
$C_{ep,edificio}$ : Valor calculado del consumo energético de energía primaria no renovable, kWh/(m²·año).
$C_{ep,lim}$ : Valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m²·año).
$C_{ep,base}$ : Valor base del consumo energético de energía primaria no renovable, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 0), 45.00 kWh/(m²·año).
$F_{ep,sup}$ : Factor corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable (tabla 2.1, CTE DB HE 0), 1000.
$S_u$ : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 140.83 m².

**Fig. 5.80. Resultado del consumo de energía primaria no renovable. Vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

En este resultado se está teniendo en cuenta el aporte de energía solar para ACS del 60% según especifica el CTE. Puesto que la vivienda Passivhaus proyectada no dispone de placas solares para ACS, se debe corregir el resultado.

Las tablas de los apartados 2.3 y 2.4 del Anexo-01.02 muestran los siguientes resultados:

	Tipo	Energía	Cap <sub>n,c</sub> (kW)	Cap <sub>n,r</sub> (kW)	S <sub>u</sub> (m <sup>2</sup> )	C <sub>ef</sub> (kWh/ /año)	C <sub>ef</sub> (kWh/ (m <sup>2</sup> ·a))
<b>Sistema 1</b> (Acumulación ACS: V = 180.0 l; T <sup>a</sup> : [60.0->80.0] °C; UA = 1.50 W/K)							
Equipo 1	ACS	Electricidad	1.9	--	140.83	381.6	2.7
Equipo 2	C+R	Electricidad	2.6	2.6	140.83	185.5	1.3
Equipo 3	C+R	Electricidad	4.5	4.5	140.83	319.6	2.3
			9.0	7.1	<b>140.83</b>	<b>886.7</b>	<b>6.3</b>
donde:							
Tipo: Servicios abastecidos por el equipo técnico (C=Calefacción, R=Refrigeración, ACS= Agua caliente sanitaria).							
Energía: Vector energético principal utilizado por el equipo técnico.							
Cap <sub>n,c</sub> : Capacidad calorífica nominal total del equipo técnico, kW.							
Cap <sub>n,r</sub> : Capacidad frigorífica nominal total del equipo técnico, kW.							
S <sub>u</sub> : Superficie útil habitable acondicionada asociada al equipo técnico, m <sup>2</sup> .							
C <sub>ef</sub> : Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/(m <sup>2</sup> ·año).							
P <sub>mo</sub> : Potencia media operacional del equipo técnico, W/m <sup>2</sup> .							
REA: Rendimiento estacional anual del equipo técnico.							
K <sub>e</sub> : Coeficiente de emisiones del vector energético.							
REA <sub>c</sub> : Rendimiento estacional anual corregido del equipo técnico.							

Fig. 5.81. Descripción de los sistemas de aporte. Cypecad Mep

Fuente: Eleaboración propia. Cypecad Mep

	C <sub>ef,total</sub>		C <sub>ep,nr</sub>	
Vector energético	(kWh /año)	(kWh/ (m <sup>2</sup> ·a))	f <sub>cep</sub>	(kWh/ (m <sup>2</sup> ·a))
Electricidad	886.7	6.3	1.954	12.3

donde:

C<sub>ef,total</sub>: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

f<sub>cep</sub>: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables.

C<sub>ep,nr</sub>: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

Fig. 5.82. Factores de conversión de energía final a no renovable. Cypecad Mep

Fuente: Eleaboración propia. Cypecad Mep

Los consumos de los tres equipos, según Fig. 5.81, son:

- Equipo-1: 2.7 Kwh/m<sup>2</sup>a
- Equipo-2: 1.3 Kwh/m<sup>2</sup>a
- Equipo-3: 2.3 Kwh/m<sup>2</sup>a
- TOTAL: 6.3 Kwh/m<sup>2</sup>a

El consumo del equipo-1, que es la bomba de calor para ACS, es el que se debe corregir para no considerar el 60% producido por placas solares.

Por tanto, se deberá dividir el resultado entre 0.4:

$$2.7 \text{ Kwh/m}^2\text{a} / 0.4 = 6.75 \text{ Kwh/m}^2\text{a}$$

Por tanto, el consumo de energía final queda de la siguiente manera:

- Equipo-1: 6.75 Kwh/m<sup>2</sup>a
- Equipo-2: 1.3 Kwh/m<sup>2</sup>a

- Equipo-3: 2.3 Kwh/m<sup>2</sup>a
- TOTAL: 10.35 Kwh/m<sup>2</sup>a

Y el consumo de energía primaria no renovable para ACS, calefacción y refrigeración se obtiene multiplicando la energía final obtenida por el coeficiente de paso 1.954, según Tabla 5.5. Coeficientes de paso de energía final a primaria:

$$10.35 \text{ Kwh/m}^2\text{a} \times 1.954 = 20.22 \text{ Kwh/m}^2\text{a}$$

Puesto que el estándar Passivhaus limita la energía primaria global, que es la suma de energía primaria no renovable y renovable, y considera además el consumo de electricidad doméstica y auxiliar, a la energía final obtenida (ACS, calefacción y refrigeración), hay que sumarle el consumo de electricidad doméstica y auxiliar, así como el consumo del recuperador de calor, y realizar la conversión de energía final a primaria total.

- Equipo-1 (ACS): 6.75 Kwh/m<sup>2</sup>a
- Equipo-2 (Climatización): 1.3 Kwh/m<sup>2</sup>a
- Equipo-3 (Climatización): 2.3 Kwh/m<sup>2</sup>a
- Consumo electricidad doméstica y auxiliar (Tabla 5.21):  
 $(3,572.00\text{Kwh/a}) / (140.83\text{m}^2) = 25.36 \text{ Kwh/m}^2\text{a}$
- Consumo del recuperador de calor (Suponiendo en funcionamiento el 85% del año):  
 $0.14 \text{ Kw} \times 24 \text{ h} = 3.36 \text{ Kwh/día} = 1,226.4 \text{ Kwh/año}$   
 $1,226.4 \text{ Kwh/año} / 140.83\text{m}^2 = 8.71 \text{ Kwh/m}^2\text{año}$   
 $8.71 \text{ Kwh/m}^2\text{año} \times 0.85 = 7.40 \text{ Kwh/m}^2\text{año}$
- TOTAL: 43.11 Kwh/m<sup>2</sup>a

Aplicando el coeficiente de paso 2.368, que permite convertir de energía final a primaria total, según Tabla 5.5:

$$43.11 \text{ Kwh/m}^2\text{a} \times 2.368 = 102.08 \text{ Kwh/m}^2\text{a} < 120.00 \text{ Kwh/m}^2\text{a}$$

Por tanto se cumple con la exigencia del estándar Passivhaus en cuanto a limitación del consumo energético. No obstante, el cálculo se ha realizado sin considerar el aporte del sistema fotovoltaico, que en su mínima producción de invierno es capaz de producir 10.5Kwh/día. Por tanto, el consumo de energía primaria total considerando dicho aporte:

- Equipo-1 (ACS): 6.75 Kwh/m<sup>2</sup>a
- Equipo-2 (Climatización): 2.0 Kwh/m<sup>2</sup>a
- Equipo-3 (Climatización): 1.7 Kwh/m<sup>2</sup>a

- Consumo electricidad doméstica y auxiliar: 25.36 Kwh/m<sup>2</sup>a
- Recuperador de calor: 7.40 Kwh/m<sup>2</sup>a
- Sistema fotovoltaico: -10.5Kwh/día= -3,832.5Kwh/año= -27.21Kwh/m<sup>2</sup>año
- TOTAL: 16.00 Kwh/m<sup>2</sup>a

Y aplicando el coeficiente de paso 2.368:

$$16.00 \text{ Kwh/m}^2\text{a} \times 2.368 = 37.89 \text{ Kwh/m}^2\text{a} < 120.00 \text{ Kwh/m}^2\text{a}$$

Como resumen del consumo energético de la vivienda Passivhaus la siguiente tabla:

	En vivienda Passivhaus (Kwh/m <sup>2</sup> año)	Limitación según estándar Passivhaus (Kwh/m <sup>2</sup> año)	Limitación según DBHE1 del CTE (Kwh/m <sup>2</sup> año)
<b>Energía Primaria no Renovable</b> (Cal., ref. y ACS)	<b>20.22</b>	-	52.10
<b>Energía final</b> (Cal., ref., ACS y elect. Doméstica) <b>Sin instalación fotovoltaica</b>	<b>43.11</b>	-	-
<b>Energía primaria total</b> (Cal., ref., ACS y elect. Doméstica) <b>Sin instalación fotovoltaica</b>	<b>102.08</b>	120.00	-
<b>Energía final</b> (Cal., ref., ACS y elect. Doméstica) <b>Con instalación fotovoltaica</b>	<b>16.00</b>	-	-
<b>Energía primaria total</b> (Cal., ref., ACS y elect. Doméstica) <b>Con instalación fotovoltaica</b>	<b>37.89</b>	120.00	-

**Tabla 5.24. Consumos energéticos de la vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.3.6 Criterios actualizados de certificación

Los criterios actualizados de certificación al ECCN, realizados en 2015, establecen la energía primaria renovable (PER) como criterio de certificación, permitiendo clasificar las viviendas Passivhaus según las categorías Classic, Plus y Premium.

Energía Primaria Renovable (PER) <sup>7</sup>			Classic	Plus	Premium	±15 kWh/(m²a) desviación respecto a los criterios... ...con compensación de la desviación mostrada arriba mediante diferentes valores de generación
Demanda PER <sup>8</sup> [kWh/(m²a)]	≤		60	45	30	
Generación de energía renovable <sup>9</sup> (con referencia a la huella proyectada del edificio) [kWh/(m²a)]	≥		-	60	120	

**Fig. 5.83. Criterios actualizados de certificación Passivhaus (2015)**

Fuente: (Wassouf, *Energiehaus-Edificios Pasivos*) Vivienda según CTE

- Demanda de energía primaria renovable (PER)

Es un nuevo criterio de certificación que sustituye al criterio de limitación de consumo energético de energía primaria total de 120Kwh/m²año. Está directamente relacionado con la Directiva 2010/31/UE de conseguir Edificios de Consumo Casi Nulo (ECCN), donde la energía consumida deberá suministrarse por fuentes de energías renovables producidas in situ o en el entorno próximo.

Al tratarse de un criterio nuevo, no considerado en la normativa actual del CTE, el software Cypecad Mep no incluye el cálculo del mismo, y tampoco se han encontrado en la bibliografía procedimientos de cálculo que permitan cuantificarlo, motivo por el cual este criterio de certificación se ha obviado en el presente caso de estudio.

La cuantificación de la demanda de energía renovable (PER) requeriría el uso del software específico PHPP de Passivhaus.

- Generación de energía renovable (En relación a la huella del edificio)

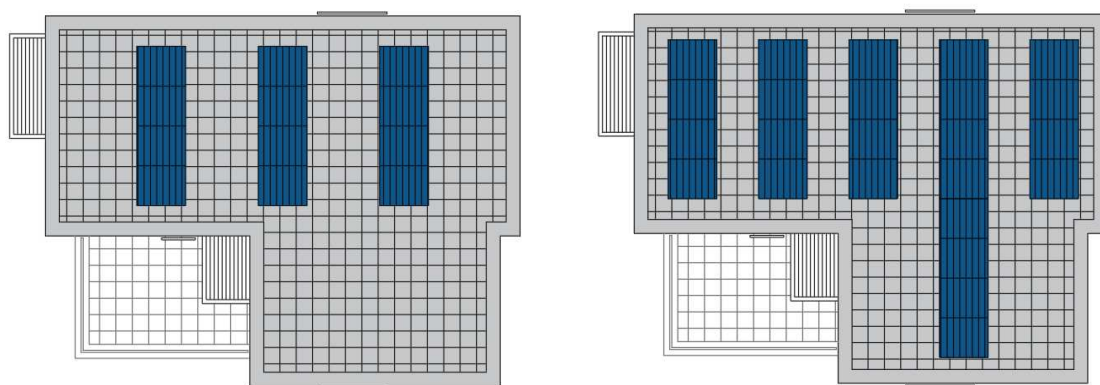
El criterio se mide con relación a la huella del edificio, o lo que es lo mismo, la ocupación de la vivienda.

Puesto que se ha considerado que la instalación fotovoltaica va a generar la mínima producción de invierno de 10.5Kwh/día, que es igual a 3,832.5Kwh/año, y siendo la ocupación de la vivienda de 103.33m², se obtiene:

$$\text{Generación de energía renovable} = 3,832.50\text{Kwh/año} / 103.33\text{m}^2 = 37.09\text{Kwh/m}^2\text{año}$$

Por tanto, al ser la generación de energía renovable inferior a  $60\text{Kwh/m}^2\text{año}$ , la clasificación de la vivienda en este apartado, y por tanto su categoría global de certificación resulta CLASSIC.

Para obtener la categoría Plus haría falta disponer prácticamente el doble de paneles fotovoltaicos (24 paneles), y para la Premium cuatro veces más (48 paneles).



**Fig. 5.84. Comparativa paneles fotovoltaicos dispuestos y los requeridos para obtener categoría Plus**

*Fuente: Elaboración propia*

Como se aprecia en la figura anterior, para obtener una categoría Plus en la certificación se requeriría prácticamente llenar la cubierta de paneles fotovoltaicos de potencia  $310\text{Wp}$ , y la cubierta no sería suficiente para disponer los paneles necesarios para una categoría Premium, lo cual da una clara idea del grado de exigencia de las distintas categorías de certificación.



## 5.4 Vivienda según disposiciones del CTE

En este apartado se van a aplicar las disposiciones del CTE a la misma vivienda proyectada según el estándar Passivhaus, incorporando unos componentes tipo utilizados de forma generalizada en el cumplimiento de esta normativa, para poder comparar las demandas energéticas y consumos obtenidos con respecto a la vivienda Passivhaus.

### 5.4.1 Componentes de la vivienda según CTE

Componente	Descripción
1. Fachada	Fachada de dos hojas de ladrillo hueco, con aislante térmico Poliestireno Expandido e=10cm en la cámara.
2. Sistema de ventilación	Admisión en estancias secas, aberturas de paso hacia los locales húmedos, y extracción mecánica en locales húmedos mediante ventilador en cubierta, según lo establecido en DBHS-3.
3. Sistema de climatización	Multi Split, con Split murales en dormitorios y estar-comedor, y bomba de calor en cubierta.
4. Carpinterías	Carpintería con permeabilidad Clase-1 y $U = 3 \text{ Kcal/hm}^2\text{°C}$ . Según tabla 2.3 del DBHE-1, la permeabilidad de los elementos de la envolvente debe ser $\leq 50 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ , es decir, Clase-1 en carpinterías.
5. Vidrios	En función de las orientaciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vidrios Sur: <math>U = 1.4 \text{ W/m}^2\text{K}</math>, <math>g = 0.36</math></li> <li>➤ Vidrios E,O,N: <math>U = 1.4 \text{ W/m}^2\text{K}</math>, <math>g = 0.16</math></li> </ul>
6. Producción de ACS	Placa solar con termosifón y termo eléctrico de 150l, 2.2Kw y rendimiento 0.95.

**Tabla 5.25. Componentes de la vivienda según CTE**

*Fuente: Elaboración propia*

Justificación de los componentes:

#### 1. Fachada:

La fachada de dos hojas de ladrillo con cámara y aislante térmico en la misma es la tipología de fachada más empleada en la zona, motivo por el cual se considera como componente tipo de la vivienda según CTE.

## 2. Sistema de ventilación:

Se incorpora el sistema de ventilación estipulado por el DBHS-3, consistente en hacer entrar el aire a las estancias secas a través de rejillas de admisión, hacerlo circular a las estancias húmedas a través de rejillas de paso situadas en las puertas, y extraerlo a través de ventilación mecánica situada en cubierta.

## 3. Sistema de climatización:

Puesto que se plantea un sistema de ventilación según el DBHS-3, para la climatización se plantea un sistema multi-split que evite la disposición de más conductos de aire. Se trata de un sistema de climatización muy extendido, y precisamente por ello se dispone como componente tipo.

## 4. Carpinterías:

Se opta por la carpintería más básica dentro de los límites normativos del CTE, que es la Clase-1, con una permeabilidad máxima permitida de  $50 \text{ m}^3/\text{hm}^2$ .

## 5. Vidrios:

Se disponen con transmitancia térmica  $U=1.4\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ , factor solar  $g=0.36$  en los vidrios sur y  $g=0.156$  en los vidrios E,O y N. Se ha llegado a esta configuración tratando de ajustar al máximo las demandas energéticas de calefacción y refrigeración con los límites normativos.

## 6. Producción de ACS:

La producción de ACS se produce mediante una placa solar con termosifón según lo establecido por el DBHE-4, disponiendo como equipo auxiliar de un termo eléctrico de 150l y 2.2Kw de potencia, constituyendo un sistema muy común a la hora de cumplir las disposiciones del CTE.

### **5.4.2 Demandas energéticas**

La modelización de la vivienda según las disposiciones del CTE se va a realizar a partir de la modelización Passivhaus, realizando los ajustes necesarios.

Así lo primero en modificar serán los datos generales que afectan a la demanda energética del DBHE-1, no considerando recuperador de calor y tomando como número de renovaciones de ventilación los calculados en el apartado de salubridad.

**Datos generales (CTE DB HE 1)**

Seleccione el perfil de uso residencial a utilizar en la simulación energética anual:

☐ Perfil de uso residencial publicado en la Orden FOM/1635/2013, de 10 de septiembre, por la que se actualiza el DB-HE

☒ **Perfil de uso residencial publicado en los documentos 'DB HE con comentarios' del Ministerio de Fomento y 'Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y CALENER'**

El perfil de uso residencial publicado en el Apéndice C de CTE DB HE 1 no distingue valores diferenciados en el intervalo horario de 16 a 23h, asignando unos valores de carga por iluminación y equipos de 1,32 W/m² por cada concepto.

Sin embargo, en los documentos 'DB HE con comentarios' del Ministerio de Fomento de diciembre de 2014 y 'Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y CALENER', donde se describen los perfiles de uso que utilizan dichas herramientas, así como la nueva herramienta unificada, figura una diferenciación horaria en ese intervalo, para esos conceptos de carga interna, dando distintos valores para los intervalos de 16 a 18 h (1,32 W/m²), 19 h (2,20 W/m²) y de 20 a 23 h (4,40 W/m²).

Dado que es opinión generalizada entre los técnicos que dicha diferencia es fruto de una errata en la publicación del BOE, se permite al usuario, actuando bajo su propio criterio, seleccionar el perfil de uso con el que calcular la demanda energética del edificio de viviendas.

☐ Los sistemas de ventilación de las viviendas disponen de unidades de recuperación de calor

**Número de renovaciones hora correspondiente al mínimo exigido por CTE DB HS 3**

☒ **Valores calculados en 'Salubridad'** ☐ Valores introducidos por el usuario ☐ Valores por defecto

Si existen resultados de cálculo de 'HS 3: Calidad del aire interior', el programa asignará automáticamente el valor de renovaciones hora de cada vivienda, en base a los caudales equilibrados calculados.

De no existir resultados, el programa tomará el valor por defecto, igual a 0,63 renovaciones hora.

Aceptar Cancelar

Fig. 5.85. Definición de datos generales. Vivienda CTE

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

Se definen los puentes térmicos derivados de la tipología de fachada que se va a disponer.

**Definición manual del coeficiente de transmisión térmica lineal**

Suelo en contacto con el terreno	$\Psi = 0.50 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	
Forjado inferior en contacto con el aire exterior	-	
Frente de forjado	$\Psi_1 + \Psi_2 = 1.00 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	
Cubierta plana	$\Psi = 0.50 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	
Esquina saliente	-	
Esquina entrante	-	
Alféizar	$\Psi = 0.50 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	
Dintel/Capialzado	$\Psi = 0.50 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	
Jambas	$\Psi = 0.50 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	
Unión no especificada por la norma	-	

Aceptar Cancelar

Fig. 5.86. Definición de puentes térmicos. Vivienda CTE

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

Una vez definidos los puentes térmicos, se pasa a definir la tipología de fachada, según se muestra en la siguiente figura:

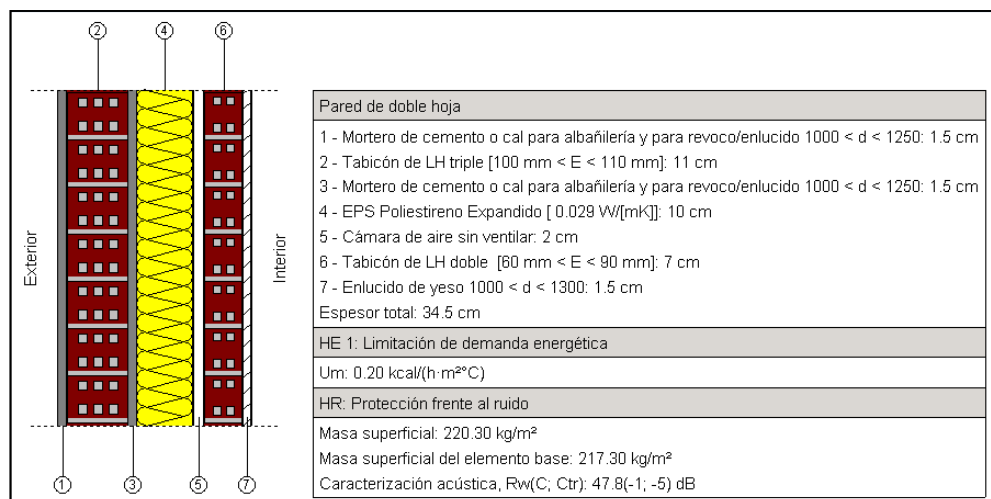


Fig. 5.87. Creación de fachada. Vivienda CTE

Fuente: Eleboración propia. Cypecad Mep

Se crea un tipo de carpintería Clase-1, para todas las orientaciones:

Captura de pantalla del software Cypecad Mep para la definición de carpintería.

**Tipos de carpintería**

Referencia: C4

Descripción: C4

☒ Dimensiones (ancho x alto) 175 x 250 cm

☐ Puerta

Coefficiente de transmisión (U) 3.00 kcal/(h·m²·C)

**Dimensiones de la carpintería**

☐ Por dimensiones ☒ Por porcentaje

Porcentaje de superficie opaca 10.0 %

☒ Puente térmico lineal entre la carpintería y el acristalamiento

Longitud 850.00 cm

Coefficiente de transmisión de calor 0.06 W/m·K

**Tipo de apertura**

☐ Fija ☐ Practicable ☒ Abatible ☐ Oscilobatiente ☐ Deslizante

**Clase de la carpintería**

☐ Sin clasificar ☒ Clase 1 ☐ Clase 2 ☐ Clase 3 ☐ Clase 4

**Color**

☐ Claro ☒ Intermedio ☐ Oscuro

Aceptar Cancelar

Fig. 5.88. Definición de carpintería. Vivienda CTE

Fuente: Eleboración propia. Cypecad Mep

Se definen dos tipos de vidrios, uno para orientación sur, y otro para orientaciones norte, este y oeste:

☒ Templado

**Color**

Información técnica

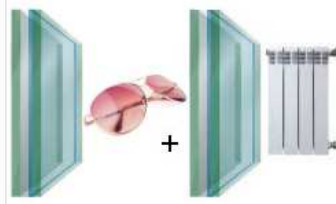
Transmitancia térmica (valor U), según UNE-EN 673: 1.4 W/(m²K)

Factor solar (coeficiente g), según UNE-EN 410: 36%

Transmisión luminosa, según UNE-EN 410: 44%

Índice de aislamiento a ruido aéreo directo, Rw (dB) y términos de adaptación espectral C y Ctr, según UNE-EN 12758: 38 (-2; -4)

**Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica**



Vidrio exterior

☐ Templa.lite Solar.lite Azul

☐ Templa.lite Solar.lite Blue 20

☒ **Templa.lite Solar.lite Blue 52**

☐ Templa.lite Solar.lite Clear

☐ Templa.lite Solar.lite Dark Grey

☐ Templa.lite Solar.lite Green

☐ Templa.lite Solar.lite Silver

Espesor (mm)

☐ 6 ☒ **8**

Cámara

☐ Aire

☒ **Gas argón**

Espesor de la cámara (mm)

☒ **10** ☐ 12

☐ 14 ☐ 16

☐ 18 ☐ 20

Vidrio interior

☒ **De baja emisividad térmica LOW.S**

☐ De baja emisividad térmica LOW.S, laminar

Espesor (mm)

☐ 4 ☐ 6

☒ **8**

Fig. 5.89. Definición de vidrio Sur. Vivienda CTE

Fuente: Eleboración propia. Cypecad Mep

☒ Templado

**Color**

Información técnica

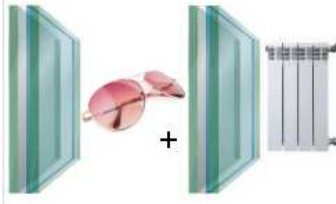
Transmitancia térmica (valor U), según UNE-EN 673: 1.4 W/(m²K)

Factor solar (coeficiente g), según UNE-EN 410: 16%

Transmisión luminosa, según UNE-EN 410: 13%

Índice de aislamiento a ruido aéreo directo, Rw (dB) y términos de adaptación espectral C y Ctr, según UNE-EN 12758: 38 (-2; -4)

**Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica**



Vidrio exterior

☒ **Templa.lite Solar.lite Azul**

☐ Templa.lite Solar.lite Blue 20

☐ Templa.lite Solar.lite Blue 52

☐ Templa.lite Solar.lite Clear

☐ Templa.lite Solar.lite Dark Grey

☐ Templa.lite Solar.lite Green

☐ Templa.lite Solar.lite Silver

Espesor (mm)

☐ 6 ☒ **8**

Cámara

☐ Aire

☒ **Gas argón**

Espesor de la cámara (mm)

☒ **10** ☐ 12

☐ 14 ☐ 16

☐ 18 ☐ 20

Vidrio interior

☒ **De baja emisividad térmica LOW.S**

☐ De baja emisividad térmica LOW.S, laminar

Espesor (mm)

☐ 4 ☐ 6

☒ **8**

Fig. 5.90. Definición de vidrio Norte, Este y Oeste. Vivienda CTE

Fuente: Eleboración propia. Cypecad Mep

Los elementos sombra y accesorios se mantienen constantes.

La puerta de acceso, así como la compartimentación interior no varían con respecto a la vivienda Passivhaus.

La definición de los recintos también se mantiene constante.

De esta manera, queda definida la modelización de la vivienda según el CTE, siendo posible realizar el cálculo de las demandas de calefacción y refrigeración:

<b>1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.</b>	
<b>1.1.- Demanda energética anual por superficie útil.</b>	
$D_{cal,edificio} = 14.23 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,sup}/S = 15.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$	
donde:	
$D_{cal,edificio}$ :	Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m²·año).
$D_{cal,lim}$ :	Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m²·año).
$D_{cal,base}$ :	Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 15 kWh/(m²·año).
$F_{cal,sup}$ :	Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 0.
S:	Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 134.41 m².
$D_{ref,edificio} = 19.28 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{ref,lim} = 20.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$	
donde:	
$D_{ref,edificio}$ :	Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m²·año).
$D_{ref,lim}$ :	Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m²·año).

**Fig. 5.91. Resultado demanda energética de calefacción y refrigeración. Vivienda CTE**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

	En vivienda CTE (Kwh/m²año)	Limitación según estándar Passivhaus (Kwh/m²año)	Limitación según DBHE1 del CTE (Kwh/m²año)
<b>Demanda de calefacción</b>	<b>14.23</b>	15.00	15.00
<b>Demanda de refrigeración</b>	<b>19.28</b>	15.00	20.00

**Tabla 5.26. Demandas de calefacción y refrigeración. Vivienda CTE**

*Fuente: Elaboración propia*

Donde queda reflejado que la vivienda CTE no cumple con la limitación de la demanda energética de refrigeración según Passivhaus al superar los 15.00 Kwh/m²año, pero sí cumple con las demandas establecidas por el CTE.

### 5.4.3 Consumos energéticos

Los equipos dispuestos en la vivienda según CTE en relación a las demandas energéticas son los siguientes:

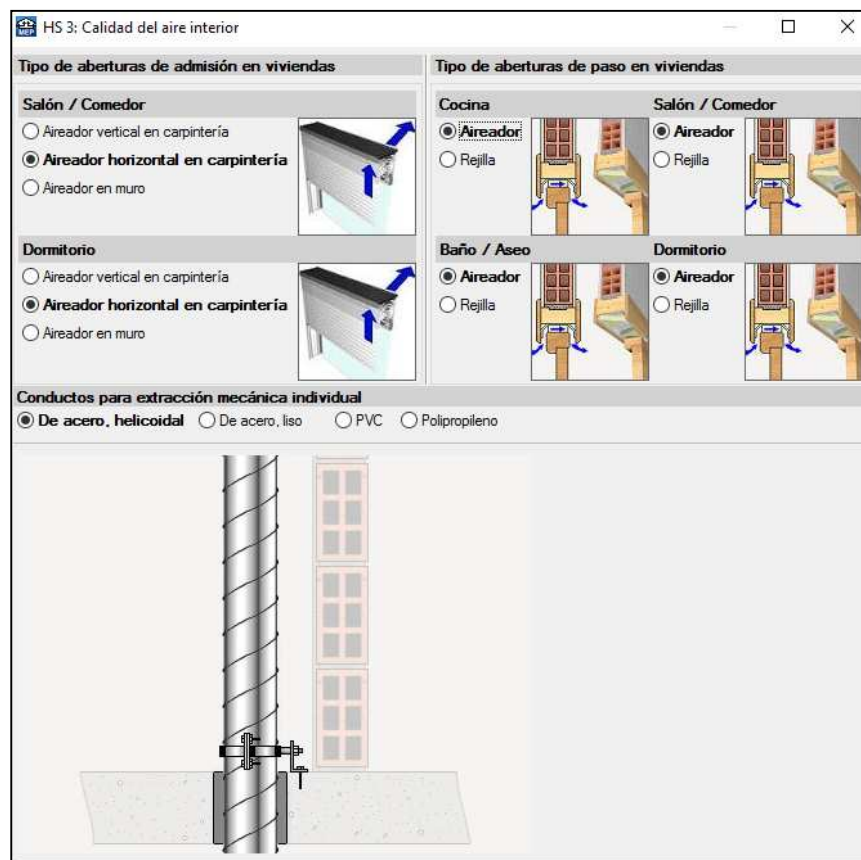
Demanda energética	Equipo
Ventilación	Aspirador para ventilación mecánica en cubierta.
Climatización	Sistema multi-split, con una unidad exterior y seis unidades interiores.
ACS	Placa solar con termosifón, y termo eléctrico de 150l.
Electricidad doméstica y auxiliar	No se dispone instalación fotovoltaica.

**Tabla 5.27. Demandas energéticas y equipos. Vivienda CTE**

*Fuente: Elaboración propia*

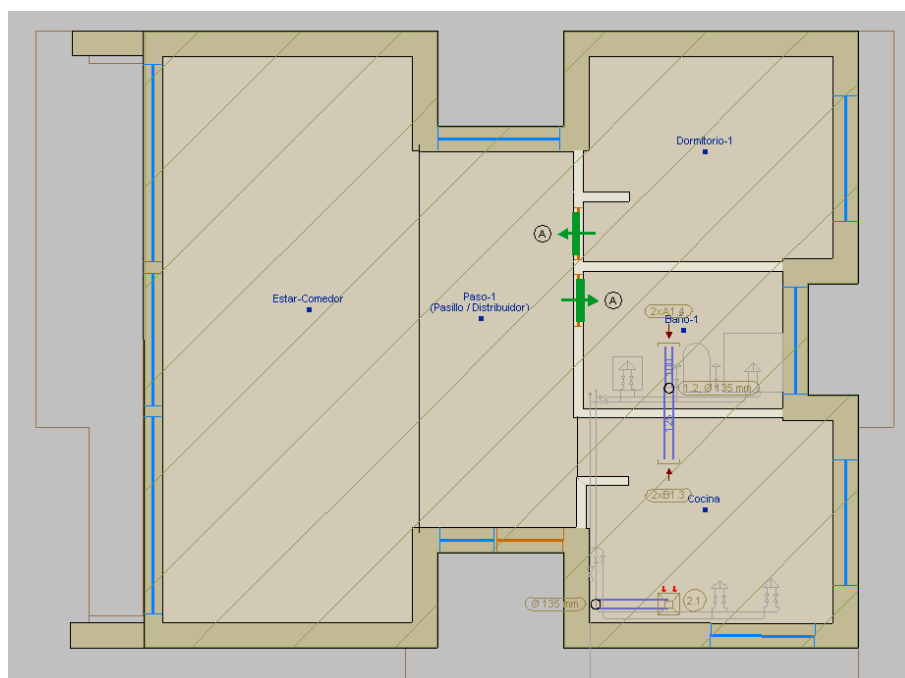
- Ventilación de la vivienda CTE:

La ventilación de la vivienda se resuelve atendiendo a las disposiciones del DBHS-3, con aireadores de admisión por donde entra el aire a las estancias secas, aireadores de paso entre estancias secas y las húmedas, y extracción de aire de estas últimas mediante ventilación mecánica en cubierta.



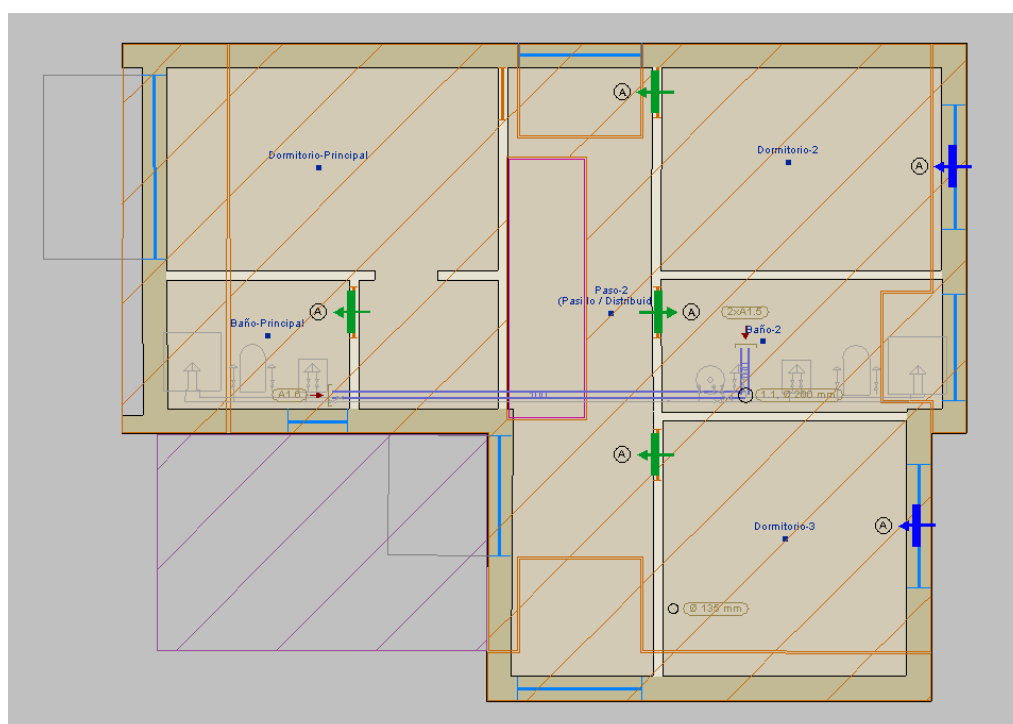
**Fig. 5.92. Definición datos general DBHS-3. Vivienda CTE**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*



**Fig. 5.93. Cálculo ventilación DBHS-3, planta baja. Vivienda CTE**

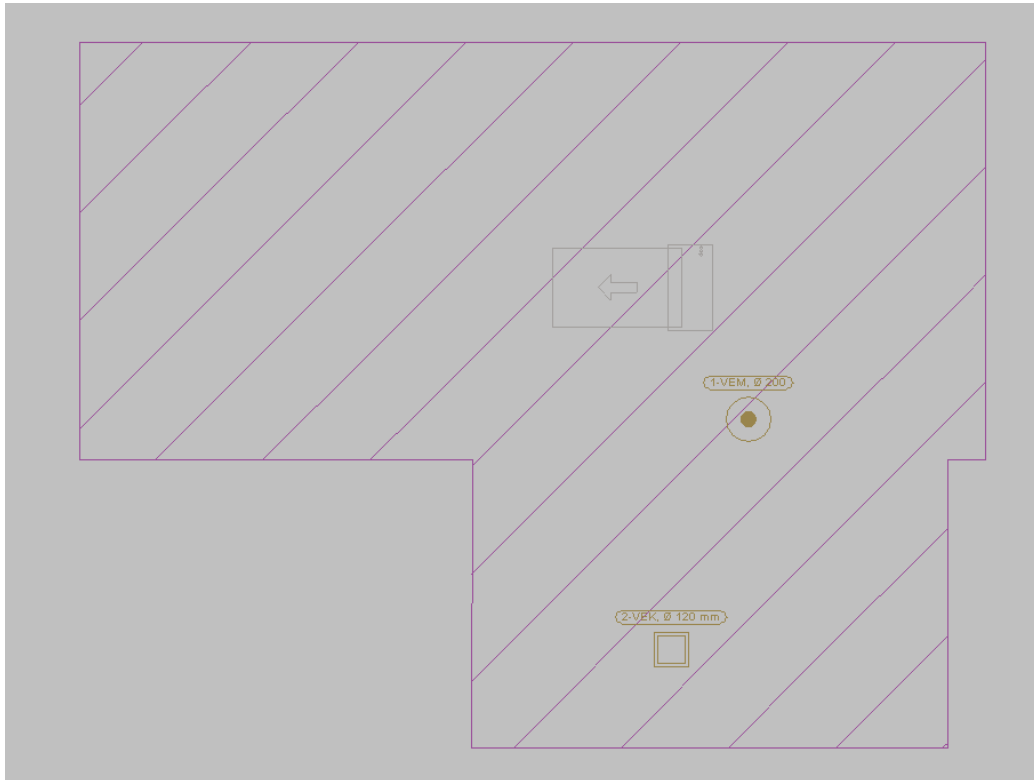
*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*



**Fig. 5.94. Cálculo ventilación DBHS-3, planta primera. Vivienda CTE**

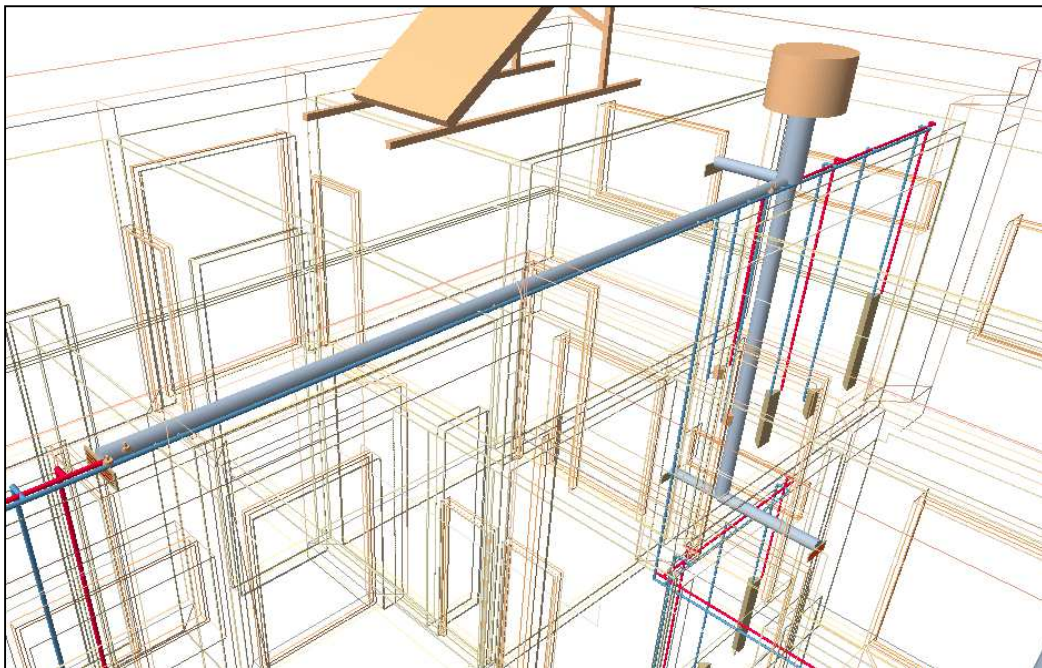
*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*





**Fig. 5.95. Cálculo ventilación DBHS-3, planta primera. Vivienda CTE**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*



**Fig. 5.96. Sistema de ventilación de la vivienda, 3D. Vivienda CTE**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

El ventilador mecánico obtenido con los cálculos queda reflejado en la siguiente tabla:

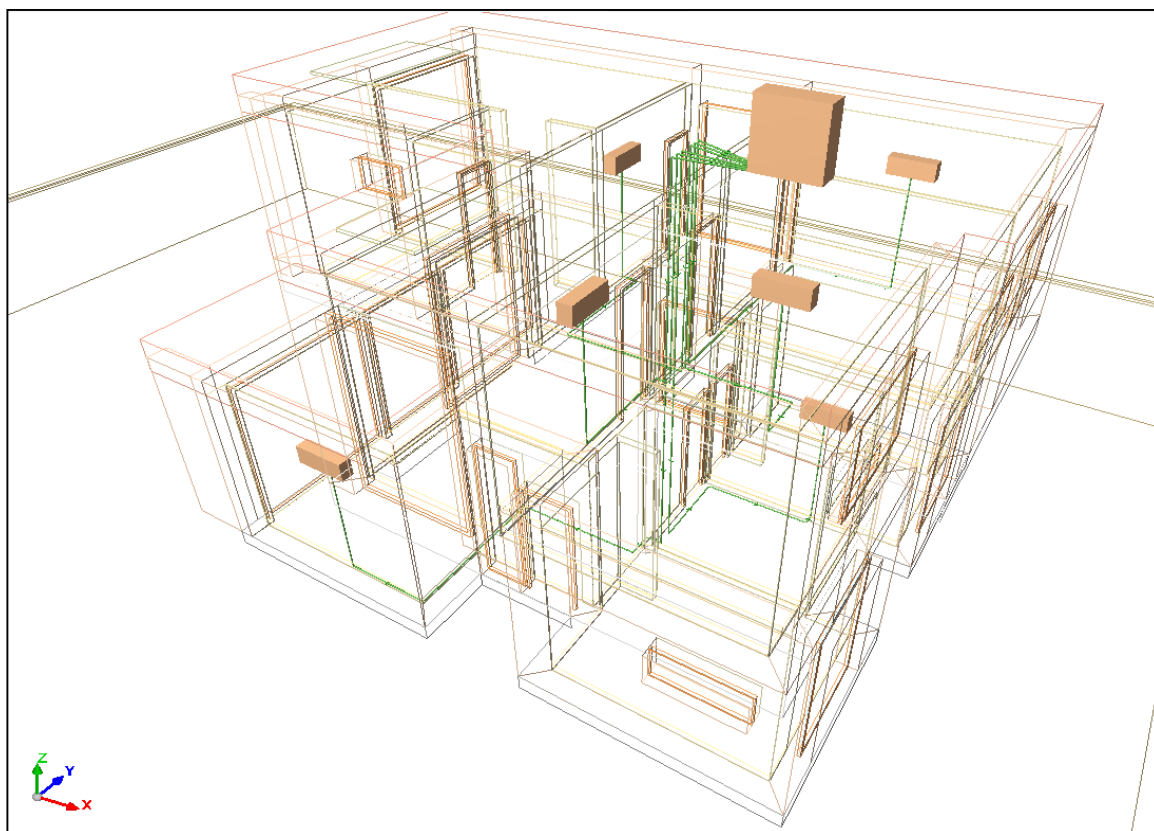
Equipo	Descripción
<b>Ventilador mecánico</b>	Ventilador helicoidal para tejado, con hélice de plástico reforzada con fibra de vidrio, cuerpo y sombrero de aluminio, base de acero galvanizado y motor para alimentación monofásica a 230 V y 50 Hz de frecuencia, con protección térmica, aislamiento clase F, protección IP 65, de 835 r.p.m., potencia absorbida 0,22 kW, caudal máximo 3900 m <sup>3</sup> /h, nivel de presión sonora 52 dBA, con malla de protección contra la entrada de hojas y pájaros, para conducto de extracción de 450 mm de diámetro. Incluso accesorios y elementos de fijación.

**Fig. 5.97. Equipo para ventilación mecánica. Vivienda CTE**

*Fuente: Elaboración propia*

- Climatización de la vivienda CTE:

El equipo de climatización propuesto es un multi-split, con una unidad exterior y seis unidades interiores dispuestos en los dormitorios y en el estar-comedor.



**Fig. 5.98. Sistema de climatización multi-split. Vivienda CTE**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

El equipo obtenido según cálculo se refleja en la siguiente tabla:

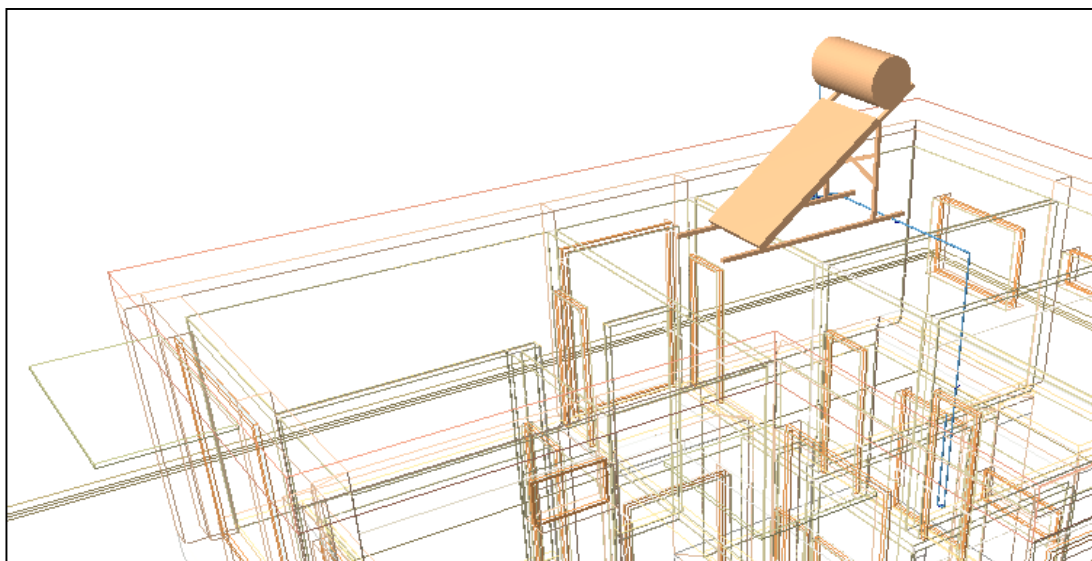
Equipo	Descripción
Multi-split	Unidad interior de aire acondicionado, de pared, sistema aire-aire multi-split, para gas R-410A, bomba de calor, alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia frigorífica nominal 2 kW (temperatura de bulbo seco 27°C, temperatura de bulbo húmedo 19°C), potencia calorífica nominal 3 kW (temperatura de bulbo seco 20°C), de 294x798x229 mm, nivel sonoro (velocidad baja) 21 dBA, caudal de aire (velocidad alta) 468 m³/h, con filtro enzimático y filtro desodorizante, control inalámbrico, con programador semanal, modelo Weekly Timer y posibilidad de integración en un sistema domótico o control Wi-Fi a través de un interface. (5 Unidades: Dormitorios y estudio).
	Unidad interior de aire acondicionado, de pared, sistema aire-aire multi-split, para gas R-410A, bomba de calor, alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia frigorífica nominal 6 kW (temperatura de bulbo seco 27°C, temperatura de bulbo húmedo 19°C), potencia calorífica nominal 6,8 kW (temperatura de bulbo seco 20°C), de 309x890x220 mm, nivel sonoro (velocidad baja) 29 dBA, caudal de aire (velocidad alta) 870 m³/h, con filtro enzimático y filtro desodorizante, control inalámbrico, con programador semanal, modelo Weekly Timer y posibilidad de integración en un sistema domótico o control Wi-Fi a través de un interface. (1 Unidad: Estar-comedor)
	Unidad exterior de aire acondicionado, sistema aire-aire multi-split, para gas R-410A, bomba de calor, alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia frigorífica nominal 12,5 kW (temperatura de bulbo seco 35°C, temperatura de bulbo húmedo 24°C), potencia calorífica nominal 13,5 kW (temperatura de bulbo húmedo 6°C), con compresor con tecnología Inverter, de 945x970x370 mm, nivel sonoro 57 dBA y caudal de aire 4500 m³/h, con control de condensación y posibilidad de integración en un sistema domótico o control Wi-Fi a través de un interface (1 Unidad: Cubierta).

**Fig. 5.99. Equipo de climatización. Vivienda CTE**

*Fuente: Elaboración propia*

- Producción de ACS:

La producción de ACS se realiza mediante una placa solar con termosifón ubicada en cubierta, con un termo eléctrico de 150 l de apoyo.



**Fig. 5.100. Instalación placas solares para ACS. Vivienda CTE**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

Realizados los cálculos de la instalación, se obtienen los siguientes equipos:

Equipo	Descripción
<b>Placa solar</b>	Captador solar térmico por termosifón, completo, para instalación individual, modelo Smart F1/TSS 150/FCB-2 "JUNKERS", compuesto por: un panel modelo FCB-2 S CTE TSS, de 1032x2026x66 mm, superficie útil 1,92 m <sup>2</sup> , rendimiento óptico 0,71, coeficiente de pérdidas primario 3,861 W/m <sup>2</sup> K y coeficiente de pérdidas secundario 0,013 W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> , según UNE-EN 12975-2, compuesto de: caja de fibra de vidrio con chapa posterior de acero galvanizado y esquinas de plástico, cubierta protectora de vidrio, absorbedor selectivo recubierto con cromo negro, aislamiento térmico de lana mineral de 25 mm de espesor, estructura de soporte de aluminio para cubierta plana, kit de tuberías y accesorios de conexión de acero inoxidable, interacumulador horizontal modelo TS 150-1 de doble envolvente de 145 litros, con interior de acero esmaltado, exterior de acero galvanizado lacado en color blanco, aislamiento de poliuretano libre de CFC, ánodo de magnesio y vaso de expansión para el circuito primario.
<b>Termo eléctrico</b>	Termo eléctrico para el servicio de A.C.S., mural vertical, resistencia blindada, capacidad 150 l, potencia 2200 W, de 1185 mm de altura y 505 mm de diámetro, formado por cuba de acero vitrificado, aislamiento de espuma de poliuretano, ánodo de sacrificio de magnesio, lámpara de control, termómetro y termostato de regulación para A.C.S. acumulada. Incluso soporte y anclajes de fijación, válvula de seguridad antirretorno, llaves de corte de esfera y latiguillos flexibles, tanto en la entrada de agua como en la salida.

**Fig. 5.101. Equipo de producción de ACS. Vivienda CTE**

*Fuente: Elaboración propia*

- Electricidad doméstica y auxiliar:

No se dispone un sistema de generación de energía fotovoltaica.

El consumo de energía eléctrica doméstica y auxiliar será igual al calculado en la Tabla 5.21, a partir de datos del IDAE, y que es igual a 3,572 Kwh/año.

- Cálculo de consumos energéticos:

Una vez obtenidos los equipos consumidores de energía, se introducen en el apartado del DBHE-0 para poder realizar el cálculo del consumo de energía primaria no renovable.

**Datos generales (CTE DB HE 0)**

**Porcentaje de demanda de ACS satisfecha mediante energía solar térmica (CTE DB HE 4)**

Valores de la contribución solar de ACS por vivienda

☒ Valores calculados en 'Solar térmica'
 ☐ Valores introducidos por el usuario
 ☐ Valores por defecto

Si existen resultados de cálculo de 'Solar térmica', el programa asignará automáticamente la contribución solar mensual alcanzada en cada vivienda, por cada conjunto de captación dimensionado.

De no existir resultados, el programa tomará los valores por defecto, correspondientes al porcentaje mínimo exigido de contribución solar en función de la demanda diaria de ACS y la zona climática, conforme a CTE DB HE 4.

**Definición de los sistemas técnicos de aporte del edificio para el cálculo del consumo energético**

Sistemas de aporte energético del edificio	Acumulación ACS
Sistema 1	<input checked="" type="checkbox"/>

Aceptar Cancelar

**Fig. 5.102. Introducción de datos generales DBHE-0. Vivienda CTE**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

Se crea un sistema con cuatro equipos y un depósito de acumulación de 150l (El termo eléctrico tiene capacidad de 150l), donde el equipo-1 es el termo eléctrico, el equipo-2 los cinco splits interiores de dormitorios y estudio, el equipo-3 el split del estar-comedor y el equipo-4 la bomba de calor exterior de cubierta.





Sistema 1	
<b>Parámetros técnicos del elemento para la simulación energética:</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> Sistema con depósito de acumulación de ACS	
Coefficiente global de pérdidas, UA	1.5 W/K
Volumen de acumulación	150 l
Número de depósitos (multiplicador)	1
Temperaturas de consigna alta y baja del depósito	80 / 60 °C
<b>Equipos técnicos pertenecientes al sistema de aporte de energía</b>	
<div>     </div>	
Equipos	
Equipo 1	
Equipo 2	
Equipo 3	
Equipo 4	

Fig. 5.103. Definición sistema de consumo energético. Vivienda CTE

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

Equipo 1	
<b>Parámetros técnicos del elemento para la simulación energética:</b>	
Tipo de vector energético utilizado	Electricidad
Servicios atendidos por el equipo	<input type="checkbox"/> Calefacción <input checked="" type="checkbox"/> ACS <input type="checkbox"/> Refrigeración
Capacidad calorífica nominal	2.2 kW
Rendimiento medio estacional de calor	0.95
Número de equipos (multiplicador)	1

Fig. 5.104. Definición de equipo-1. Termo eléctrico. Vivienda CTE

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

A los equipos 2,3 y 4 se les va a aplicar unos rendimientos estacionales SEER y SCOP de 4.85 y 3.25, al igual que se hizo para los equipos de climatización de la vivienda según el estándar Passivhaus. Estos rendimientos corresponden a equipos con calificación energética B.



Equipo 2	
Parámetros técnicos del elemento para la simulación energética:	
Tipo de vector energético utilizado	Electricidad
Servicios atendidos por el equipo	<input checked="" type="checkbox"/> Calefacción <input type="checkbox"/> ACS <input checked="" type="checkbox"/> Refrigeración
Capacidad calorífica nominal	3 kW
Rendimiento medio estacional de calor	3.25
Capacidad frigorífica nominal	2 kW
Rendimiento medio estacional de frío	4.85
Número de equipos (multiplicador)	5

Fig. 5.105. Definición de equipo-2. Splits dormitorios y estudio. Vivienda CTE

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

Equipo 3	
Parámetros técnicos del elemento para la simulación energética:	
Tipo de vector energético utilizado	Electricidad
Servicios atendidos por el equipo	<input checked="" type="checkbox"/> Calefacción <input type="checkbox"/> ACS <input checked="" type="checkbox"/> Refrigeración
Capacidad calorífica nominal	6.8 kW
Rendimiento medio estacional de calor	3.25
Capacidad frigorífica nominal	6 kW
Rendimiento medio estacional de frío	4.85
Número de equipos (multiplicador)	1

Fig. 5.106. Definición de equipo-3. Split estar-comedor. Vivienda CTE

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

Equipo 4	
Parámetros técnicos del elemento para la simulación energética:	
Tipo de vector energético utilizado	Electricidad
Servicios atendidos por el equipo	<input checked="" type="checkbox"/> Calefacción <input type="checkbox"/> ACS <input checked="" type="checkbox"/> Refrigeración
Capacidad calorífica nominal	13.5 kW
Rendimiento medio estacional de calor	3.25
Capacidad frigorífica nominal	12.5 kW
Rendimiento medio estacional de frío	4.85
Número de equipos (multiplicador)	1

Fig. 5.107. Definición de equipo-4. Bomba de calor. Vivienda CTE

Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep

Realizando el cálculo del consumo según DBHE-0 se obtiene:

<b>1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO</b>	
<b>1.1.- Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable.</b>	
$C_{ep,edificio} = 34.30 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq C_{ep,lim} = C_{ep,base} + F_{ep,sup}/S = 52.44 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$	
donde:	
$C_{ep,edificio}$ :	Valor calculado del consumo energético de energía primaria no renovable, kWh/(m <sup>2</sup> ·año).
$C_{ep,lim}$ :	Valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m <sup>2</sup> ·año).
$C_{ep,base}$ :	Valor base del consumo energético de energía primaria no renovable, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 0), 45.00 kWh/(m <sup>2</sup> ·año).
$F_{ep,sup}$ :	Factor corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable (tabla 2.1, CTE DB HE 0), 1000.
$S_u$ :	Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 134.41 m <sup>2</sup> .

**Fig. 5.108. Resultado del consumo de energía primaria no renovable. Vivienda CTE**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

Este consumo se refiere a energía primaria no renovable, para los servicios de ACS, calefacción y refrigeración, que es el consumo limitado por el DBHE-0.

Puesto que se está realizando una comparativa con el estándar Passivhaus, es interesante obtener también el consumo de energía primaria total, para ACS, calefacción, refrigeración y electricidad doméstica y auxiliar, que es el que limita Passivhaus, así como el consumo de energía final que permitirá calcular tiempos de amortización.

La tabla 2.3 del Anexo-02.02 indica los consumos finales de los equipos 1,2 y 3 para los servicios de ACS, calefacción y refrigeración:

<b>2.3.- Descripción de los sistemas de aporte del edificio.</b>						
Tipo	Energía	Cap <sub>n,C</sub> (kW)	Cap <sub>n,R</sub> (kW)	S <sub>u</sub> (m <sup>2</sup> )	C <sub>ef</sub> (kWh/ /año)	(kWh/ (m <sup>2</sup> ·a))
<b>Sistema 1</b> (Acumulación ACS: V = 150.0 l; T <sub>a</sub> : [60.0->80.0] °C; UA = 1.50 W/K)						
Equipo 1	ACS	Electricidad	2.2	--	134.41	1236.9
Equipo 2	C+R	Electricidad	15.0	10.0	134.41	437.6
Equipo 3	C+R	Electricidad	6.8	6.0	134.41	225.9
Equipo 4	C+R	Electricidad	13.5	12.5	134.41	459.4
			<b>37.5</b>	<b>28.5</b>	<b>134.41</b>	<b>2359.7</b>
						<b>17.6</b>
donde:						
Tipo: Servicios abastecidos por el equipo técnico (C=Calefacción, R=Refrigeración, ACS= Agua caliente sanitaria).						
Energía: Vector energético principal utilizado por el equipo técnico.						
Cap <sub>n,C</sub> : Capacidad calorífica nominal total del equipo técnico, kW.						
Cap <sub>n,R</sub> : Capacidad frigorífica nominal total del equipo técnico, kW.						
S <sub>u</sub> : Superficie útil habitable acondicionada asociada al equipo técnico, m <sup>2</sup> .						
C <sub>ef</sub> : Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/(m <sup>2</sup> ·año).						
P <sub>mo</sub> : Potencia media operacional del equipo técnico, W/m <sup>2</sup> .						
REA: Rendimiento estacional anual del equipo técnico.						
K <sub>e</sub> : Coeficiente de emisiones del vector energético.						
REA <sub>c</sub> : Rendimiento estacional anual corregido del equipo técnico.						

**Fig. 5.109. Descripción de los sistemas de aporte. Vivienda CTE**

*Fuente: Elaboración propia. Cypecad Mep*

La energía final será la suma de consumos de los cuatro equipos más el consumo de electricidad doméstica y auxiliar y el consumo del ventilador de cubierta según DBHS-3:



- Equipo-1 (ACS): 9.2 Kwh/m<sup>2</sup>a
- Equipo-2 (Climatización): 3.3 Kwh/m<sup>2</sup>a
- Equipo-3 (Climatización): 1.7 Kwh/m<sup>2</sup>a
- Equipo-4 (Climatización): 3.4 Kwh/m<sup>2</sup>a
- Consumo de electricidad doméstica y auxiliar (Tabla 5.21):  
 $(3,572.00\text{Kwh/a}) / (140.83\text{m}^2) = 25.36 \text{ Kwh/m}^2\text{a}$
- Consumo del ventilador de cubierta (Suponiendo en funcionamiento el 85% del año):  
 $0.22 \text{ Kw} \times 24 \text{ h} = 5.28 \text{ Kwh/día} = 1,927.2 \text{ Kwh/año}$   
 $1,927.2 \text{ Kwh/año} / 140.83\text{m}^2 = 13.68 \text{ Kwh/m}^2\text{año}$   
 $13.68 \text{ Kwh/m}^2\text{año} \times 0.85 = 11.63 \text{ Kwh/m}^2\text{año}$
- TOTAL: 54.59 Kwh/m<sup>2</sup>a

Aplicando el coeficiente de paso 2.368, que permite convertir de energía final a primaria total, según Tabla 5.5:

$$54.59 \text{ Kwh/m}^2\text{a} \times 2.368 = 129.27 \text{ Kwh/m}^2\text{a} > 126.02 \text{ Kwh/m}^2\text{a}$$

	En vivienda CTE (Kwh/m <sup>2</sup> año)	Limitación según estándar Passivhaus (Kwh/m <sup>2</sup> año)	Limitación según DBHE1 del CTE (Kwh/m <sup>2</sup> año)
<b>Energía Primaria no Renovable</b> (Cal., ref. y ACS)	<b>34.30</b>	-	52.44
<b>Energía final</b> (Cal., ref., ACS y elect. Doméstica)	<b>54.59</b>	-	-
<b>Energía primaria total</b> (Cal., ref., ACS y elect. Doméstica)	<b>129.27</b>	120.00	-

**Fig. 5.110. Consumos energéticos de la vivienda CTE**

*Fuente: Elaboración propia*

Como queda reflejado en la tabla anterior, el consumo de energía primaria no renovable para los servicios de ACS, calefacción y refrigeración de la vivienda CTE cumple con la limitación establecida por el CTE de 52.44 Kwh/m<sup>2</sup>año.

Sin embargo, no cumple con la limitación de energía primaria total establecida por Passivhaus para los servicios de ACS, calefacción, refrigeración y electricidad doméstica y auxiliar, fijado en 120.00 Kwh/m<sup>2</sup>año.

## 5.5 Comparativas Passivhaus – CTE

### 5.5.1 Componentes

Componente	En vivienda Passivhaus	En vivienda CTE
<b>1. Fachada</b>	Fachada con sistema de aislamiento térmico exterior (SATE)	Fachada de dos hojas de ladrillo hueco, con aislante térmico Poliestireno Expandido e=10cm en la cámara.
<b>2. Sistema de ventilación</b>	Por conductos, con recuperador de calor, fan coil interior y bomba de calor exterior.	Admisión en estancias secas, aberturas de paso hacia los locales húmedos, y extracción mecánica en locales húmedos mediante ventilador en cubierta, según lo establecido en DBHS-3.
<b>3. Sistema de climatización</b>		Multi Split, con Split murales en dormitorios y estar-comedor, y bomba de calor en cubierta.
<b>4. Carpinterías</b>	Clase-4 (Permeabilidad $\leq 3\text{m}^3/\text{hm}^2$ a 100Pa según UNE EN 12207).  $U = 1.30 \text{ Kcal}/\text{hm}^2\text{°C}$ .	Clase-1 (Permeabilidad $\leq 50\text{m}^3/\text{hm}^2$ a 100Pa según UNE EN 12207).  $U = 1.30 \text{ Kcal}/\text{hm}^2\text{°C}$ .
<b>5. Vidrios</b>	En función de las orientaciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vidrios Sur: <math>U=1.1\text{W}/\text{m}^2\text{K}</math>, <math>g=0.18</math></li> <li>➤ Vidrios E,O,N: <math>U=1.1 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}</math>, <math>g=0.15</math></li> </ul>	En función de las orientaciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vidrios Sur: <math>U=1.4 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}</math>, <math>g=0.36</math></li> <li>➤ Vidrios E,O,N: <math>U=1.4 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}</math>, <math>g=0.16</math></li> </ul>
<b>6. Producción ACS</b>	Bomba de calor para ACS, acumulación 180l, potencia=1.90Kw, COP=3.50	Placa solar con termosifón y termo eléctrico de 150l, 2.2Kw y rendimiento 0.95.
<b>7. Generación energía renovable</b>	Instalación fotovoltaica de 12 paneles de 310Wp <sup>37</sup> con batería, conectada a la red.	-

**Tabla 5.28. Comparativa entre componentes de las viviendas Passivhaus y CTE**

*Fuente: Elaboración propia*

<sup>37</sup> Wp es la potencia pico o máxima potencia que un panel fotovoltaico puede generar.

### 5.5.2 Demandas energéticas

	En vivienda Passivhaus (Kwh/m <sup>2</sup> año)	Limitación según estándar Passivhaus (Kwh/m <sup>2</sup> año)	En vivienda CTE (Kwh/m <sup>2</sup> año)	Limitación según DBHE1 del CTE (Kwh/m <sup>2</sup> año)
<b>Demanda de calefacción</b>	<b>3.77</b>	15.00	<b>14.23</b>	15.00
<b>Demanda de refrigeración</b>	<b>11.77</b>	15.00	<b>19.28</b>	20.00

**Tabla 5.29. Comparativa entre las demandas de las viviendas Passivhaus y CTE**

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.5.3 Consumos energéticos

1. Considerando la vivienda Passivhaus SIN instalación fotovoltaica:

	En vivienda Passivhaus (Kwh/m <sup>2</sup> año)	Limitación según estándar Passivhaus (Kwh/m <sup>2</sup> año)	En vivienda CTE (Kwh/m <sup>2</sup> año)	Limitación según DBHE0 del CTE (Kwh/m <sup>2</sup> año)
<b>Energía Primaria No Renovable</b> (Cal., ref. y ACS)	<b>20.22</b>	-	<b>34.30</b>	52.10
<b>Energía Final</b> (Cal., ref., ACS y elect. Doméstica)	<b>43.11</b>	-	<b>54.59</b>	-
<b>Energía Primaria Total</b> (Cal., ref., ACS y elect. Doméstica)	<b>102.08</b>	120.00	<b>129.27</b>	-

**Tabla 5.30. Comparativa entre consumos de las viviendas Passivhaus y CTE (Sin instalación fotovoltaica)**

*Fuente: Elaboración propia*

## 2. Considerando la vivienda Passivhaus CON instalación fotovoltaica:

	En vivienda Passivhaus (Kwh/m <sup>2</sup> año)	Limitación según estándar Passivhaus (Kwh/m <sup>2</sup> año)	En vivienda CTE (Kwh/m <sup>2</sup> año)	Limitación según DBHE0 del CTE (Kwh/m <sup>2</sup> año)
<b>Energía Primaria No Renovable</b> (Cal., ref. y ACS)	<b>20.22</b>	-	<b>34.30</b>	52.10
<b>Energía Final</b> (Cal., ref., ACS y elect. Doméstica)	<b>16.00</b>	-	<b>54.59</b>	-
<b>Energía Primaria Total</b> (Cal., ref., ACS y elect. Doméstica)	<b>37.89</b>	120.00	<b>129.27</b>	-

**Tabla 5.31. Comparativa entre consumos de las viviendas Passivhaus y CTE (Con instalación fotovoltaica)**

*Fuente: Elaboración propia*

#### 5.5.4 Hermeticidad

	En vivienda Passivhaus	Limitación según estándar Passivhaus	En vivienda CTE	Limitación según DBHE1 del CTE
<b>Renovaciones/hora</b>	<b>≤ 0.6</b> (Mediante carpintería Clase-4, exhaustivo control de ejecución, y ensayo Blower Door)	≤ 0.6	<b>&gt; 0.6</b> (Carpintería Clase-1)	- (Sólo se limita la permeabilidad de los elementos de la envolvente)

**Tabla 5.32. Comparativa entre hermeticidades de las viviendas Passivhaus y CTE**

*Fuente: Elaboración propia*

**5.5.5 Ventilación**

	En vivienda Passivhaus	Limitación según estándar Passivhaus	En vivienda CTE	Limitación según DBHS3 del CTE
<b>l/seg</b>	<b>97.22</b>	<b>66.67</b>	<b>96.3</b>	96.3
<b>m³/h</b>	<b>350</b>	<b>240</b>	<b>346</b>	346
<b>Renovaciones/hora</b>	<b>0.86</b>	<b>0.59</b>	<b>0.85</b>	0.85

**Tabla 5.33. Comparativa entre ventilaciones de las viviendas Passivhaus y CTE***Fuente: Elaboración propia*

## 5.6 Presupuestos, comparativas y tiempos de amortización

En este apartado se van a analizar los presupuestos (PEM<sup>38</sup>) de la vivienda según el estándar Passivhaus así como la realizada según CTE. Para ello se emplean los generadores de presupuestos y precios de Cype, permitiendo el primero obtener un presupuesto global de la vivienda realizada según CTE y el segundo obtener precios de forma paramétrica de los distintos componentes de la vivienda según se trate del caso Passivhaus o CTE.

El presupuesto de la urbanización interior de la parcela se obvia en los siguientes apartados por resultar común a la vivienda según Passivhaus y CTE, si bien sí queda reflejado en el Anexo-02.07.

### 5.6.1 Presupuesto Total – Vivienda CTE

Mediante el Generador de Presupuestos de Cype, se obtiene el presupuesto total de la vivienda según CTE, recogido en el Anexo-02.07.

Presupuesto Total - Vivienda CTE			
Ítem	Descripción	€	€/m <sup>2</sup>
01	Acondicionamiento del terreno	3,116.04	17.10
02	Cimentaciones	7,930.33	43.53
03	Estructuras	27,723.70	152.18
04	Fachadas y particiones	17,241.80	94.64
05	Carpintería, vidrios y protecciones solares	9,527.89	52.30
06	Remates y ayudas	5,431.16	29.81
07	Instalaciones	25,993.43	142.68
08	Aislamientos e impermeabilizaciones	3,311.51	18.18
09	Cubiertas	9,036.15	49.60
10	Revestimientos y trasdosados	28,472.47	156.29
11	Señalización y equipamiento	5,548.18	30.45
12	Gestión de residuos	3,866.74	21.22
13	Control de calidad y ensayos	5,766.15	31.65
14	Seguridad y salud	9,558.64	52.47
<b>TOTAL</b>		<b>162,524.19</b>	<b>892.11</b>

**Tabla 5.34. Presupuesto Total – Vivienda CTE (PEM)**

*Fuente: Elaboración Propia. Generador de Presupuestos Cype*

<sup>38</sup> Presupuesto de Ejecución Material

### 5.6.2 Presupuesto de componentes CTE

El presupuesto de los componentes de la vivienda CTE se especifica en el Anexo-02.06, y se resume en la siguiente tabla:

Presupuesto componentes CTE			
Ítem	Descripción	€	€/m <sup>2</sup>
01	Fachada	17,617.41	96.70
02	Sistema de ventilación	1,749.97	9.61
03	Sistema de climatización	8,221.73	45.13
04	Carpintería	6,714.27	36.86
05	Vidrios	7,374.80	40.48
06	Producción de ACS	2,434.00	13.36
TOTALES		44,112.18	242.14

**Tabla 5.35. Presupuesto componentes CTE (PEM)**

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.6.3 Presupuesto de elementos comunes a las viviendas Passivhaus y CTE

Mediante la diferencia entre el presupuesto total de la vivienda CTE y el presupuesto de los componentes CTE se obtiene el presupuesto de los elementos comunes a las viviendas según el estándar Passivhaus y CTE:

Presupuesto elementos comunes - Passivhaus y CTE			
Ítem	Descripción	€	€/m <sup>2</sup>
01	Presupuesto Total - Vivienda CTE	162,524.19	892.11
02	Presupuesto componentes CTE	-44,112.18	-242.14
TOTAL		118,412.01	649.97

**Tabla 5.36. Presupuesto elementos comunes – Passivhaus y CTE (PEM)**

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.6.4 Presupuesto de componentes Passivhaus

El presupuesto de los componentes de la vivienda Passivhaus se especifica en el Anexo-01.06, y se resume en la siguiente tabla:

Presupuesto componentes Passivhaus			
Ítem	Descripción	€	€/m <sup>2</sup>
01	Fachada	20,812.86	114.24
02	Sistema de ventilación y climatización	10,545.39	57.88
03	Carpintería	8,802.16	48.32
04	Vidrios	7,950.92	43.64
05	Producción de ACS	1,450.00	7.96
06	Sistema de energía fotovoltaica	10,770.00	59.12
07	Test Blower Door	572.06	3.14
08	Ingeniería	3,500.00	19.21
09	Certificación Passivhaus	5,000.00	27.45
<b>TOTALES</b>		<b>69,403.39</b>	<b>380.96</b>

Tabla 5.37. Presupuesto componentes Passivhaus (PEM)

Fuente: Elaboración propia

### 5.6.5 Presupuesto Total – Vivienda Passivhaus

Mediante la suma del presupuesto de los componentes Passivhaus y de los elementos comunes se obtiene el presupuesto total de la vivienda Passivhaus, según la siguiente tabla:

Presupuesto Total - Vivienda Passivhaus			
Ítem	Descripción	€	€/m <sup>2</sup>
01	Presup. elementos comunes - Passivhaus y CTE	118,412.01	649.97
02	Presupuesto componentes Passivhaus	69,403.39	380.96
<b>TOTAL</b>		<b>187,815.40</b>	<b>1,030.93</b>

Tabla 5.38. Presupuesto Total – Vivienda Passivhaus (PEM)

### 5.6.6 Comparativa de presupuestos totales Passivhaus y CTE

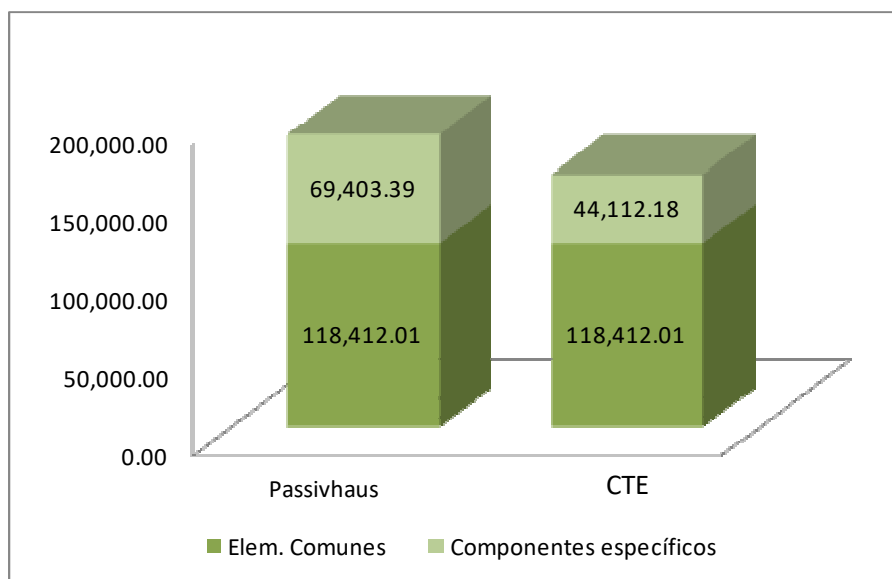
	Vivienda Passivhaus		Vivienda CTE	
	€	€/m <sup>2</sup>	€	€/m <sup>2</sup>
Elementos Comunes	118,412.01	649.97	118,412.01	649.97
Componentes específicos	69,403.39	380.96	44,112.18	242.14
<b>TOTAL</b>	<b>187,815.40</b>	<b>1,030.93</b>	<b>162,524.19</b>	<b>892.11</b>

Tabla 5.39. Comparativa de presupuestos Passivhaus y CTE (PEM)

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente gráfica se refleja la proporción en el presupuesto de los componentes Passivhaus y CTE con respecto a los elementos comunes a ambos sistemas:

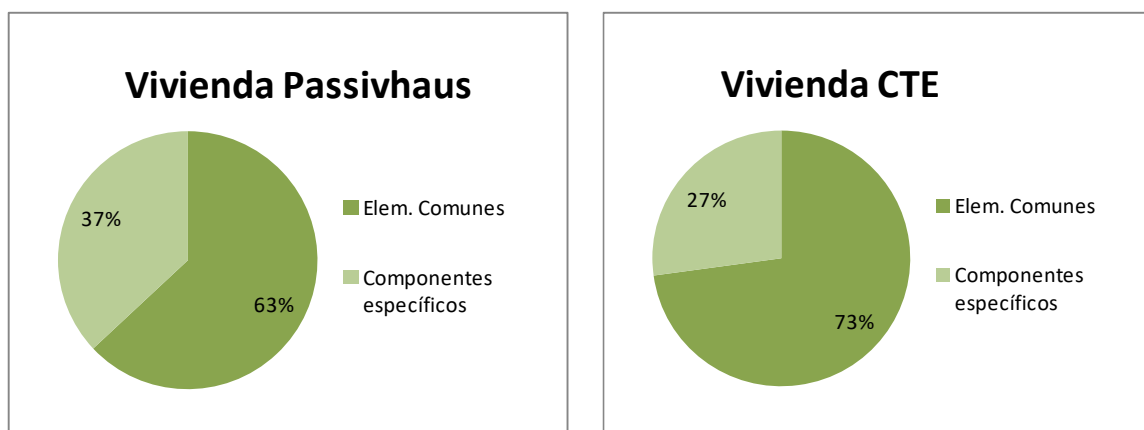




**Fig. 5.111. Presupuesto de componentes Passivhaus y CTE respecto a elementos comunes**

*Fuente: Elaboración propia*

Los porcentajes de componentes específicas y elementos comunes en los presupuestos totales de las viviendas Passivhaus y CTE se muestran en las siguientes figuras:



**Fig. 5.112. Porcentajes de componentes específicos y comunes en presupuestos totales**

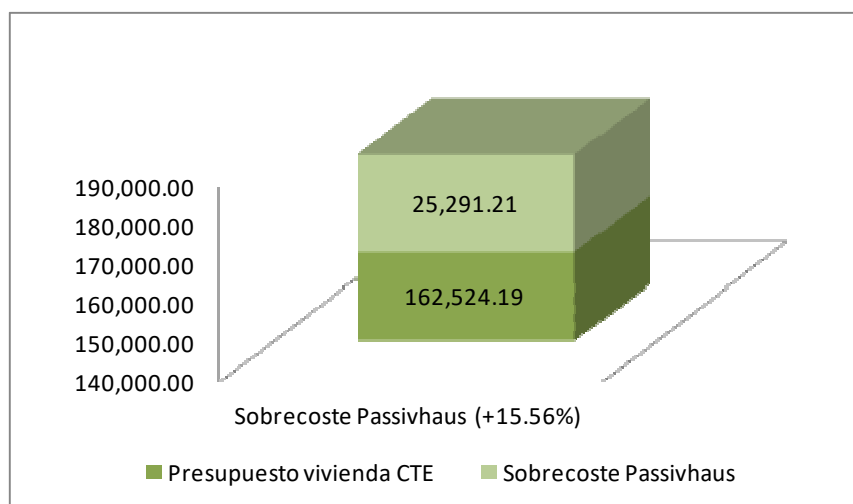
*Fuente: Elaboración propia*

En la vivienda Passivhaus los componentes específicos suponen un 37% del presupuesto total, mientras que en la vivienda CTE los componentes específicos suponen un 27% del presupuesto total.

Según queda reflejado en la tabla anterior, el presupuesto PEM entre la vivienda Passivhaus y la realizada según el CTE tiene una diferencia de 25,291.21€. Esta diferencia de precio supone un incremento de 138.83€/m<sup>2</sup> construido de la vivienda Passivhaus con respecto a la vivienda CTE.

El incremento de precio de la vivienda Passivhaus respecto a la vivienda CTE:

$$25,291.21 / 162,524.19 = 0.1556 \text{ (Incremento del 15.56\%)}$$



**Fig. 5.113. Sobrecoste Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.6.7 Comparativa de presupuestos de componentes Passivhaus y CTE

En la siguiente tabla se refleja la diferencia de presupuestos entre componentes de la vivienda según el estándar Passivhaus y según CTE:

Componente	En vivienda Passivhaus	En vivienda CTE
1- Fachada	20,812.86	17,617.41
2- Sistema de ventilación	10,545.39	1,749.97
3- Sistema de climatización		8,221.73
4- Carpinterías	8,802.16	6,714.27
5- Vidrios	7,950.92	7,374.80
6- Producción de ACS	1,450.00	2,434.00
7- Sistema de energía fotovoltaica	10,770.00	-
8- Test Blower Door	572.06	-
9- Ingeniería	3,500.00	-
10- Certificación Passivhaus	5,000.00	-
<b>TOTALES</b>	<b>69,403.39</b>	<b>44,112.18</b>

**Tabla 5.40. Comparativa de presupuestos de componentes Passivhaus y CTE**

*Fuente: Elaboración propia*

Hasta el componente Nº6 de Producción de ACS los presupuestos de los componentes Passivhaus y CTE son, respectivamente, 49,561.33€ y 44,112.18€, lo cual supone una diferencia de 5,449.15€, muy reducida.

La gran diferencia en el presupuesto de la vivienda Passivhaus con respecto a la vivienda CTE se crea en aquellos componentes inexistentes en la vivienda CTE, como son el sistema fotovoltaico, el test Blower Door, los gastos de ingeniería y la certificación.

#### ***5.6.8 Tiempos de amortización de la vivienda Passivhaus respecto a la vivienda CTE:***

En este apartado se van a evaluar los tiempos de amortización de la vivienda Passivhaus respecto a la vivienda CTE en función de las siguientes hipótesis en cuanto a configuración de la vivienda Passivhaus y sus componentes:

1. Vivienda Passivhaus sin instalación fotovoltaica y sin certificación.
2. Vivienda Passivhaus sin instalación fotovoltaica y con certificación.
3. Vivienda Passivhaus con instalación fotovoltaica y sin certificación.
4. Vivienda Passivhaus con instalación fotovoltaica y con certificación.

Se considera la vivienda Passivhaus sin y con instalación fotovoltaica ya que se calcularon los consumos finales de energía eléctrica para ambos casos, permitiendo evaluar si la implementación del sistema acelera la amortización de la inversión o no.

Respecto a la certificación Passivhaus, ésta no es obligatoria para poder implementar en la vivienda los criterios del estándar, por lo cual se consideran las hipótesis de llevarla y no llevarla a cabo.

Otro aspecto fundamental a tener en cuenta en la amortización de los dos sistemas es la tarifa de la luz así como la tendencia de subida de dichas tarifas.

Según la siguiente figura, y considerando una tarifa fija y una potencia contratada de 9.20Kw, el precio del Kwh se establece en 0.13€/Kwh redondeando.

TARIFA	PRECIO FIJO		DISCRIMINACIÓN HORARIA	
	IMPORTE ANUAL (€/kW)	PRECIO DEL kWh	PRECIO DEL kWh EN HORARIO VALLE	PRECIO DEL kWh EN HORARIO PUNTA
3.45	144.939700€/kW al año	0.12925€/kWh	0.15212€/kWh	0.07476€/kWh
4.60	193.252900€/kW al año	0.12925€/kWh	0.15212€/kWh	0.07476€/kWh
5.75	241.566100€/kW al año	0.12925€/kWh	0.15212€/kWh	0.07476€/kWh
6.90	289.879400€/kW al año	0.12925€/kWh	0.15212€/kWh	0.07476€/kWh
8.05	338.192600€/kW al año	0.12925€/kWh	0.15212€/kWh	0.07476€/kWh
9.20	386.505800€/kW al año	0.12925€/kWh	0.15212€/kWh	0.07476€/kWh

Fig. 5.114. Precio del Kwh para luz en marzo de 2017

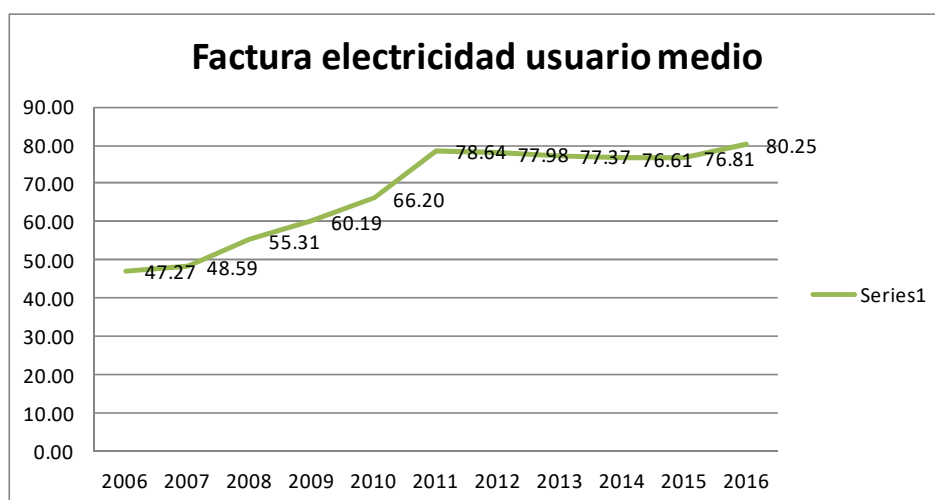
Fuente: [www.tarifagasluz.es](http://www.tarifagasluz.es)

Fig. 5.115. Factura media mensual de usuario medio, España

Fuente: Facua

En 10 años la factura eléctrica ha subido de 47.27€ a 80.25€, lo cual supone un incremento del 69.7%, y un 6.97% anual.

Para el estudio del tiempo de amortización se va adoptar como incremento anual del precio de la luz, y de forma conservadora, el valor del 6%.

Por tanto, se adoptan los valores:

- Precio electricidad: 0.13€/Kwh (Sin IVA)
- Incremento del precio anual: 6%

En cuanto a los consumos de las viviendas Passivhaus y CTE, según Tabla 5.30 y Tabla 5.31:

- Vivienda Passivhaus sin instalación fotovoltaica: 43.11 Kwh/m<sup>2</sup>año
- Vivienda Passivhaus con instalación fotovoltaica: 16.00 Kwh/m<sup>2</sup>año
- Vivienda CTE: 54.59 Kwh/m<sup>2</sup>año

1. Amortización de la Vivienda Passivhaus sin instalación fotovoltaica y sin certificación.

Para el cálculo de la amortización de la vivienda Passivhaus respecto a la vivienda CTE se utiliza el Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC), y la tarifa de luz aplicándole el IVA del 21% así como una subida anual de la misma del 6%.

Presupuesto Total - Vivienda Passivhaus		
Ítem	Descripción	€
<b>00</b>	<b>Presup. elementos comunes - Passivhaus y CTE</b>	<b>118,412.01</b>
<b>01</b>	Fachada	20,812.86
<b>02</b>	Sistema de ventilación y climatización	10,545.39
<b>03</b>	Carpintería	8,802.16
<b>04</b>	Vidrios	7,950.92
<b>05</b>	Producción de ACS	1,450.00
<b>06</b>	Sistema de energía fotovoltaica	0.00
<b>07</b>	Test Blower Door	572.06
<b>08</b>	Ingeniería	3,500.00
<b>09</b>	Certificación Passivhaus	0.00
<b>PEM</b>		<b>172,045.40</b>
<b>GG (13%)</b>		<b>22,365.90</b>
<b>BI (6%)</b>		<b>10,322.72</b>
<b>PEM + GG + BI</b>		<b>204,734.03</b>
<b>IVA (21%)</b>		<b>42,994.15</b>
<b>PEC (PEM + GG + BI + IVA)</b>		<b>247,728.17</b>

Tabla 5.41. Presupuesto PEC viv. Passivhaus sin instalación fotovoltaica y sin certificación

Fuente: Elaboración propia

Presupuesto Total - Vivienda CTE		
Ítem	Descripción	€
<b>00</b>	<b>Presup. elementos comunes - Passivhaus y CTE</b>	<b>118,412.01</b>
<b>01</b>	Fachada	17,617.41
<b>02</b>	Sistema de ventilación	1,749.97
<b>03</b>	Sistema de climatización	8,221.73
<b>04</b>	Carpintería	6,714.27
<b>05</b>	Vidrios	7,374.80
<b>06</b>	Producción de ACS	2,434.00
<b>PEM</b>		<b>162,524.19</b>
<b>GG (13%)</b>		21,128.14
<b>BI (6%)</b>		9,751.45
<b>PEM + GG + BI</b>		<b>193,403.79</b>
<b>IVA (21%)</b>		40,614.80
<b>PEC (PEM + GG + BI + IVA)</b>		<b>234,018.58</b>

Tabla 5.42. Presupuesto PEC vivienda CTE

Fuente: Elaboración propia

Por tanto, la diferencia de presupuesto a amortizar entre ambos presupuestos será:

$$247,728.17 - 234,018.58 = 13,079.59 \text{ €}$$

El precio de la electricidad en el primer año de inversión para cada una de las modalidades de vivienda es:

- Vivienda Passivhaus sin instalación fotovoltaica:

$$43.11 \text{ Kwh/m}^2\text{año} \times 140.83 \text{ m}^2 \times 0.13 \text{ €/Kwh} \times 1.21 \text{ (IVA)} = 954.99 \text{ €/año}$$

- Vivienda CTE:

$$54.59 \text{ Kwh/m}^2\text{año} \times 140.83 \text{ m}^2 \times 0.13 \text{ €/Kwh} \times 1.21 \text{ (IVA)} = 1209.31 \text{ €/año}$$

La diferencia del precio de las facturas eléctricas es:

$$1209.31 - 954.99 = 254.32 \text{ €/año}$$

La amortización de la vivienda Passivhaus se refleja en la siguiente tabla:

## 5.6. Presupuestos, comparativas y tiempos de amortización

Año	Ahorro anual (€) (+6% anual)	Ahorro acumulado (€)
1	254.32	254.32
2	269.58	523.90
3	285.75	809.65
4	302.90	1,112.55
5	321.07	1,433.63
6	340.34	1,773.96
7	360.76	2,134.72
8	382.40	2,517.12
9	405.35	2,922.47
10	429.67	3,352.14
11	455.45	3,807.59
12	482.78	4,290.36
13	511.74	4,802.11
14	542.45	5,344.55
15	574.99	5,919.54
16	609.49	6,529.04
17	646.06	7,175.10
18	684.83	7,859.93
19	725.92	8,585.84
20	769.47	9,355.31
21	815.64	10,170.95
22	864.58	11,035.53
23	916.45	11,951.98
24	971.44	12,923.42
25	1029.73	<b>13,953.14</b>
26	1091.51	15,044.65
27	1157.00	16,201.65
28	1226.42	17,428.07
29	1300.00	18,728.07
30	1378.00	20,106.08
31	1460.68	21,566.76
32	1548.33	23,115.09
33	1641.23	24,756.31
34	1739.70	26,496.01
35	1844.08	28,340.09
36	1954.73	30,294.82
37	2072.01	32,366.83
38	2196.33	34,563.16
39	2328.11	36,891.27
40	2467.80	39,359.06
41	2615.86	41,974.93
42	2772.82	44,747.74
43	2939.18	47,686.93
44	3115.54	50,802.46
45	3302.47	54,104.93
46	3500.62	57,605.55
47	3710.65	61,316.20
48	3933.29	65,249.49
49	4169.29	69,418.78
50	4419.45	73,838.23

**Tabla 5.43. Tiempo de amortización de la viv. Passivhaus sin instalación fotovoltaica y sin certificación**

*Fuente: Elaboración propia*

En el año 25 se amortiza la inversión de la vivienda Passivhaus sin instalación fotovoltaica y sin certificación.

2. Amortización de la Vivienda Passivhaus sin instalación fotovoltaica y con certificación.

Presupuesto Total - Vivienda Passivhaus		
Ítem	Descripción	€
00	Presup. elementos comunes - Passivhaus y CTE	118,412.01
01	Fachada	20,812.86
02	Sistema de ventilación y climatización	10,545.39
03	Carpintería	8,802.16
04	Vidrios	7,950.92
05	Producción de ACS	1,450.00
06	Sistema de energía fotovoltaica	0.00
07	Test Blower Door	572.06
08	Ingeniería	3,500.00
09	Certificación Passivhaus	5,000.00
PEM		177,045.40
GG (13%)		23,015.90
BI (6%)		10,622.72
PEM + GG + BI		210,684.03
IVA (21%)		44,243.65
PEC (PEM + GG + BI + IVA)		254,927.67

Tabla 5.44. Presupuesto PEC viv. Passivhaus sin instalación fotovoltaica y con certificación

Fuente: Elaboración propia

El presupuesto de la vivienda CTE se mantiene constante. Por tanto, la diferencia de presupuestos entre ambas modalidades de vivienda:

$$254,927.67 - 234,018.58 = 20,909.09 \text{ €}$$

El precio de la electricidad en el primer año de inversión para cada una de las modalidades de vivienda es:

- Vivienda Passivhaus sin instalación fotovoltaica:

$$43.11 \text{ Kwh/m}^2\text{año} \times 140.83 \text{ m}^2 \times 0.13 \text{ €/Kwh} \times 1.21 \text{ (IVA)} = 954.99 \text{ €/año}$$

- Vivienda CTE:

$$54.59 \text{ Kwh/m}^2\text{año} \times 140.83 \text{ m}^2 \times 0.13 \text{ €/Kwh} \times 1.21 \text{ (IVA)} = 1209.31 \text{ €/año}$$

La diferencia del precio de las facturas eléctricas es:

$$1209.31 - 954.99 = 254.32 \text{ €/año}$$

La amortización de la vivienda Passivhaus se refleja en la siguiente tabla:



## 5.6. Presupuestos, comparativas y tiempos de amortización

Año	Ahorro anual (€) (+6% anual)	Ahorro acumulado (€)
1	254.32	254.32
2	269.58	523.90
3	285.75	809.65
4	302.90	1,112.55
5	321.07	1,433.63
6	340.34	1,773.96
7	360.76	2,134.72
8	382.40	2,517.12
9	405.35	2,922.47
10	429.67	3,352.14
11	455.45	3,807.59
12	482.78	4,290.36
13	511.74	4,802.11
14	542.45	5,344.55
15	574.99	5,919.54
16	609.49	6,529.04
17	646.06	7,175.10
18	684.83	7,859.93
19	725.92	8,585.84
20	769.47	9,355.31
21	815.64	10,170.95
22	864.58	11,035.53
23	916.45	11,951.98
24	971.44	12,923.42
25	1029.73	13,953.14
26	1091.51	15,044.65
27	1157.00	16,201.65
28	1226.42	17,428.07
29	1300.00	18,728.07
30	1378.00	20,106.08
31	1460.68	<b>21,566.76</b>
32	1548.33	23,115.09
33	1641.23	24,756.31
34	1739.70	26,496.01
35	1844.08	28,340.09
36	1954.73	30,294.82
37	2072.01	32,366.83
38	2196.33	34,563.16
39	2328.11	36,891.27
40	2467.80	39,359.06
41	2615.86	41,974.93
42	2772.82	44,747.74
43	2939.18	47,686.93
44	3115.54	50,802.46
45	3302.47	54,104.93
46	3500.62	57,605.55
47	3710.65	61,316.20
48	3933.29	65,249.49
49	4169.29	69,418.78
50	4419.45	73,838.23

**Tabla 5.45. Tiempo de amortización de la viv. Passivhaus sin instalación fotovoltaica y con certificación**

*Fuente: Elaboración propia*

En el año 31 se amortiza la inversión de la vivienda Passivhaus sin instalación fotovoltaica y con certificación.

3. Amortización de la Vivienda Passivhaus con instalación fotovoltaica y sin certificación.

Presupuesto Total - Vivienda Passivhaus		
Ítem	Descripción	€
00	Presup. elementos comunes - Passivhaus y CTE	118,412.01
01	Fachada	20,812.86
02	Sistema de ventilación y climatización	10,545.39
03	Carpintería	8,802.16
04	Vidrios	7,950.92
05	Producción de ACS	1,450.00
06	Sistema de energía fotovoltaica	10,770.00
07	Test Blower Door	572.06
08	Ingeniería	3,500.00
09	Certificación Passivhaus	0.00
PEM		182,815.40
GG (13%)		23,766.00
BI (6%)		10,968.92
PEM + GG + BI		217,550.33
IVA (21%)		45,685.57
PEC (PEM + GG + BI + IVA)		263,235.89

Tabla 5.46. Presupuesto PEC viv. Passivhaus con instalación fotovoltaica y sin certificación

Fuente: Elaboración propia

El presupuesto de la vivienda CTE se mantiene constante, por tanto:

$$263,235.89 - 234,018.58 = 29,217.31 \text{ €}$$

El precio de la electricidad en el primer año de inversión para cada una de las modalidades de vivienda es:

- Vivienda Passivhaus sin instalación fotovoltaica:

$$16.00 \text{ Kwh/m}^2\text{año} \times 140.83 \text{ m}^2 \times 0.13 \text{ €/Kwh} \times 1.21 \text{ (IVA)} = 354.44 \text{ €/año}$$

- Vivienda CTE:

$$54.59 \text{ Kwh/m}^2\text{año} \times 140.83 \text{ m}^2 \times 0.13 \text{ €/Kwh} \times 1.21 \text{ (IVA)} = 1209.31 \text{ €/año}$$

La diferencia del precio de las facturas eléctricas es:

$$1209.31 - 354.44 = 854.87 \text{ €/año}$$

La amortización de la vivienda Passivhaus se refleja en la siguiente tabla:

## 5.6. Presupuestos, comparativas y tiempos de amortización

Año	Ahorro anual (€) (+6% anual)	Ahorro acumulado (€)
1	854.87	854.87
2	906.16	1,761.03
3	960.53	2,721.56
4	1018.16	3,739.73
5	1079.25	4,818.98
6	1144.01	5,962.99
7	1212.65	7,175.64
8	1285.41	8,461.05
9	1362.53	9,823.58
10	1444.28	11,267.87
11	1530.94	12,798.81
12	1622.80	14,421.61
13	1720.17	16,141.77
14	1823.38	17,965.15
15	1932.78	19,897.93
16	2048.75	21,946.67
17	2171.67	24,118.34
18	2301.97	26,420.32
19	2440.09	28,860.40
20	2586.49	<b>31,446.90</b>
21	2741.68	34,188.58
22	2906.18	37,094.77
23	3080.56	40,175.32
24	3265.39	43,440.71
25	3461.31	46,902.03
26	3668.99	50,571.02
27	3889.13	54,460.15
28	4122.48	58,582.63
29	4369.83	62,952.45
30	4632.02	67,584.47
31	4909.94	72,494.41
32	5204.53	77,698.94
33	5516.81	83,215.75
34	5847.82	89,063.57
35	6198.68	95,262.25
36	6570.61	101,832.86
37	6964.84	108,797.70
38	7382.73	116,180.43
39	7825.70	124,006.12
40	8295.24	132,301.36
41	8792.95	141,094.31
42	9320.53	150,414.84
43	9879.76	160,294.60
44	10472.55	170,767.15
45	11100.90	181,868.05
46	11766.95	193,635.00
47	12472.97	206,107.97
48	13221.35	219,329.32
49	14014.63	233,343.95
50	14855.51	248,199.45

**Tabla 5.47. Tiempo de amortización de la viv. Passivhaus con instalación fotovoltaica y sin certificación**

*Fuente: Elaboración propia*

En el año 20 se amortiza la inversión de la vivienda Passivhaus con instalación fotovoltaica y sin certificación.

4. Amortización de la Vivienda Passivhaus con instalación fotovoltaica y sin certificación.

Presupuesto Total - Vivienda Passivhaus		
Ítem	Descripción	€
00	Presup. elementos comunes - Passivhaus y CTE	118,412.01
01	Fachada	20,812.86
02	Sistema de ventilación y climatización	10,545.39
03	Carpintería	8,802.16
04	Vidrios	7,950.92
05	Producción de ACS	1,450.00
06	Sistema de energía fotovoltaica	10,770.00
07	Test Blower Door	572.06
08	Ingeniería	3,500.00
09	Certificación Passivhaus	5,000.00
PEM		187,815.40
GG (13%)		24,416.00
BI (6%)		11,268.92
PEM + GG + BI		223,500.33
IVA (21%)		46,935.07
PEC (PEM + GG + BI + IVA)		270,435.39

Tabla 5.48. Presupuesto PEC viv. Passivhaus con instalación fotovoltaica y con certificación

Fuente: Elaboración propia

El presupuesto de la vivienda CTE se mantiene constante, por tanto:

$$270,435.39 - 234,018.58 = 36,416.81 \text{ €}$$

El precio de la electricidad en el primer año de inversión para cada una de las modalidades de vivienda es:

- Vivienda Passivhaus sin instalación fotovoltaica:

$$16.00 \text{ Kwh/m}^2\text{año} \times 140.83 \text{ m}^2 \times 0.13 \text{ €/Kwh} \times 1.21 \text{ (IVA)} = 354.44 \text{ €/año}$$

- Vivienda CTE:

$$54.59 \text{ Kwh/m}^2\text{año} \times 140.83 \text{ m}^2 \times 0.13 \text{ €/Kwh} \times 1.21 \text{ (IVA)} = 1209.31 \text{ €/año}$$

La diferencia del precio de las facturas eléctricas es:

$$1209.31 - 354.44 = 854.87 \text{ €/año}$$

La amortización de la vivienda Passivhaus se refleja en la siguiente tabla:

## 5.6. Presupuestos, comparativas y tiempos de amortización

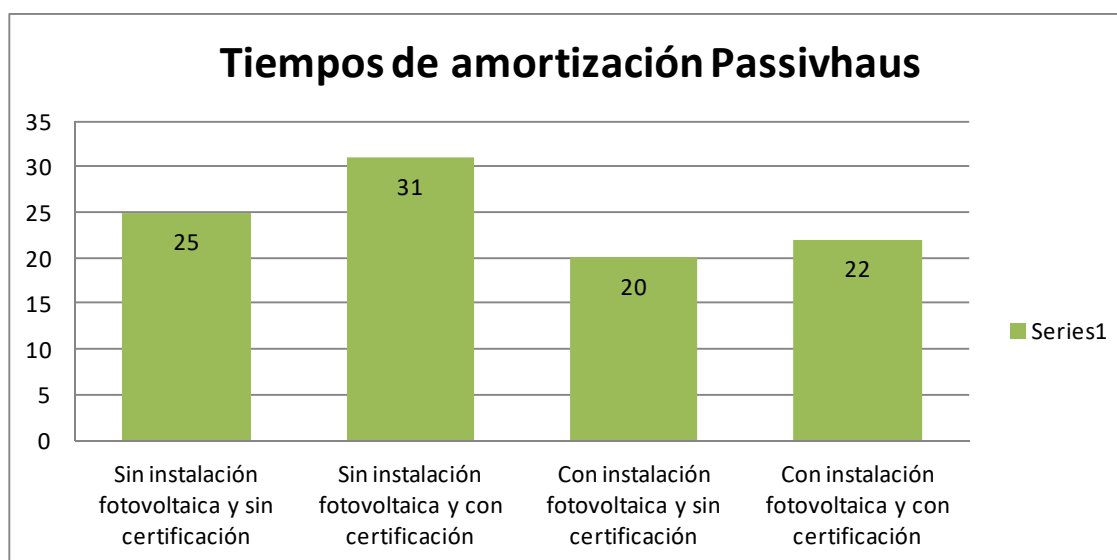
Año	Ahorro anual (€) (+6% anual)	Ahorro acumulado (€)
1	854.87	854.87
2	906.16	1,761.03
3	960.53	2,721.56
4	1018.16	3,739.73
5	1079.25	4,818.98
6	1144.01	5,962.99
7	1212.65	7,175.64
8	1285.41	8,461.05
9	1362.53	9,823.58
10	1444.28	11,267.87
11	1530.94	12,798.81
12	1622.80	14,421.61
13	1720.17	16,141.77
14	1823.38	17,965.15
15	1932.78	19,897.93
16	2048.75	21,946.67
17	2171.67	24,118.34
18	2301.97	26,420.32
19	2440.09	28,860.40
20	2586.49	31,446.90
21	2741.68	34,188.58
22	2906.18	<b>37,094.77</b>
23	3080.56	40,175.32
24	3265.39	43,440.71
25	3461.31	46,902.03
26	3668.99	50,571.02
27	3889.13	54,460.15
28	4122.48	58,582.63
29	4369.83	62,952.45
30	4632.02	67,584.47
31	4909.94	72,494.41
32	5204.53	77,698.94
33	5516.81	83,215.75
34	5847.82	89,063.57
35	6198.68	95,262.25
36	6570.61	101,832.86
37	6964.84	108,797.70
38	7382.73	116,180.43
39	7825.70	124,006.12
40	8295.24	132,301.36
41	8792.95	141,094.31
42	9320.53	150,414.84
43	9879.76	160,294.60
44	10472.55	170,767.15
45	11100.90	181,868.05
46	11766.95	193,635.00
47	12472.97	206,107.97
48	13221.35	219,329.32
49	14014.63	233,343.95
50	14855.51	248,199.45

**Tabla 5.49. Tiempo de amortización de la viv. Passivhaus con instalación fotovoltaica y con certificación**

*Fuente: Elaboración propia*

En el año 22 se amortiza la inversión de la vivienda Passivhaus con instalación fotovoltaica y con certificación.

Como resumen de los tiempos de amortización de las diferentes configuraciones de vivienda Passivhaus con respecto a la vivienda CTE:



**Fig. 5.116. Tiempos de amortización vivienda Passivhaus**

*Fuente: Elaboración propia*

La vivienda Passivhaus sin instalación fotovoltaica tiene un ahorro en electricidad de 254.32€/año mientras que con instalación fotovoltaica el ahorro es de 854.87€/año, permitiendo reducir el tiempo de amortización considerablemente tanto en caso de considerar la certificación Passivhaus como en caso de no considerarla.

En la vivienda Passivhaus sin instalación fotovoltaica y con certificación el tiempo de amortización aumenta a los 31 años, debido al escaso ahorro anual de la vivienda Passivhaus con respecto a la vivienda CTE. Por ello, en esta modalidad de vivienda Passivhaus no parece conveniente considerar la certificación.

En el caso de considerar la instalación fotovoltaica, la certificación supone tan sólo dos años más en el tiempo de amortización, motivo por el cual sí parece conveniente o al menos asumible considerar el gasto de la misma.

Por tanto, se podría concluir:

- En caso de realizar la vivienda Passivhaus sin instalación fotovoltaica, la certificación Passivhaus no sería conveniente por suponer un incremento de 6 años en el tiempo de amortización, ascendiendo el total a 31 años.
- En el caso de la vivienda Passivhaus con instalación fotovoltaica, el coste de certificación tan sólo supone dos años más de amortización, siendo

perfectamente factible asumir dicho gasto y resultando un tiempo total de amortización de 22 años.

- La instalación de un sistema fotovoltaico en la vivienda Passivhaus resulta conveniente al reducir los tiempos de amortización y producir ahorros anuales de 854.87€/año.

## 5.7 Emisiones de CO<sub>2</sub> de las viviendas Passivhaus y CTE

El cálculo de las emisiones de CO<sub>2</sub> se realiza a partir de los consumos de energía final de las modalidades de vivienda Passivhaus con y sin instalación fotovoltaica y de la vivienda CTE, considerando las emisiones por calefacción, refrigeración, ACS y electricidad doméstica y auxiliar.

La calificación energética según R.D. 235/2013, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios, sólo mide las emisiones de CO<sub>2</sub> referidas a los consumos de calefacción, refrigeración y ACS, no teniendo en cuenta las emisiones producidas por electricidad doméstica y auxiliar de la vivienda. Por ello, se entiende más significativo el cálculo de las emisiones globales producidas por todos los consumos, de modo que los resultados sean realmente concluyentes en cuanto a las emisiones de la vivienda en función de la modalidad.

De este modo, se considera el consumo de energía final de las viviendas Passivhaus y CTE, según Tabla 5.30 y Tabla 5.31:

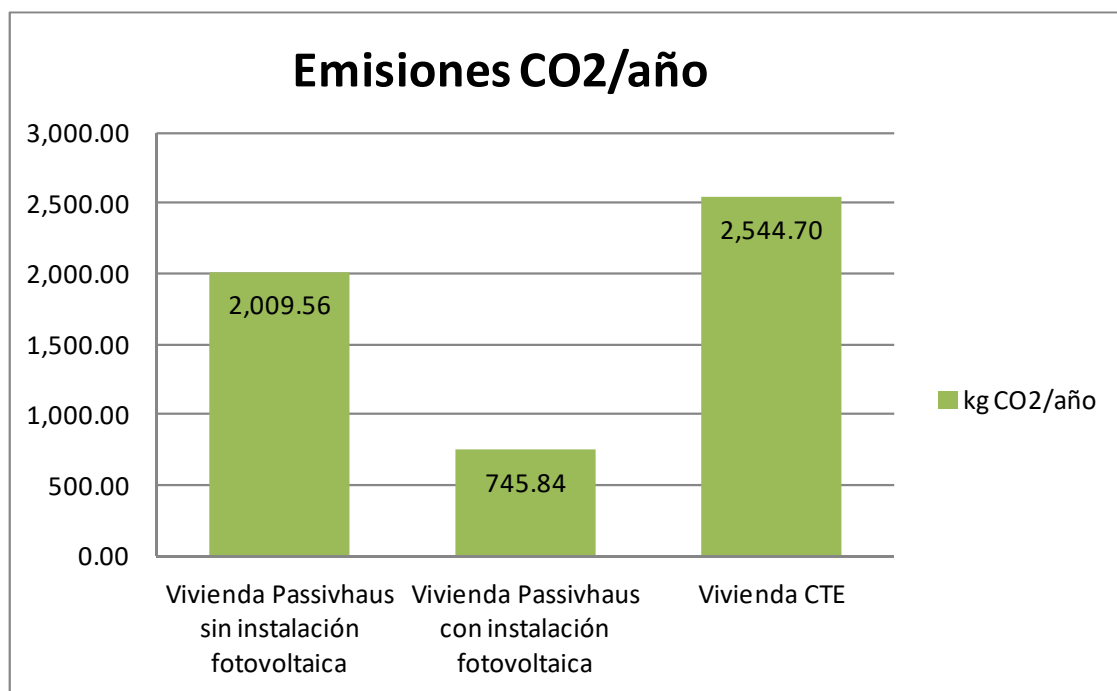
- Vivienda Passivhaus sin instalación fotovoltaica: 43.11 Kwh/m<sup>2</sup>año
- Vivienda Passivhaus con instalación fotovoltaica: 16.00 Kwh/m<sup>2</sup>año
- Vivienda CTE: 54.59 Kwh/m<sup>2</sup>año

Según la Tabla 5.6. Factores de emisión de CO<sub>2</sub>, la electricidad convencional peninsular produce 0.331 Kg CO<sub>2</sub>/Kwh de energía final consumida.

Por tanto, y para una superficie útil de 140.83m<sup>2</sup>, las emisiones de CO<sub>2</sub> serán:

- Vivienda Passivhaus sin instalación fotovoltaica:  
 $43.11 \text{ Kwh/m}^2\text{año} \times 140.83\text{m}^2 \times 0.331 \text{ KgCO}_2/\text{Kwh} = 2,009.56 \text{ Kg Co}_2/\text{año}$
- Vivienda Passivhaus con instalación fotovoltaica:  
 $16.00 \text{ Kwh/m}^2\text{año} \times 140.83\text{m}^2 \times 0.331 \text{ Kg CO}_2/\text{Kwh} = 745.84 \text{ Kg Co}_2/\text{año}$
- Vivienda CTE:  
 $54.59 \text{ Kwh/m}^2\text{año} \times 140.83\text{m}^2 \times 0.331 \text{ KgCO}_2/\text{Kwh} = 2,544.70 \text{ Kg Co}_2/\text{año}$





**Fig. 5.117. Emisiones CO<sub>2</sub>/año y modalidad de vivienda**

*Fuente: Elaboración propia*

En esta figura se aprecia la gran relevancia que tiene la generación de energía a partir de fuentes renovables en la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>.

La vivienda Passivhaus sin instalación fotovoltaica es capaz de reducir las emisiones con respecto a la vivienda CTE en 535.14 KgCO<sub>2</sub>/año, que significa una reducción de la quinta parte de las emisiones de la vivienda CTE.

La vivienda Passivhaus con instalación fotovoltaica reduce las emisiones con respecto a la vivienda CTE en 1798.87 KgCO<sub>2</sub>/año, suponiendo una reducción de más de la tercera parte de las emisiones de la vivienda CTE.

Por tanto, la vivienda Passivhaus con instalación fotovoltaica resulta muy eficaz a la hora de reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> con respecto a las viviendas realizadas según las prescripciones de la normativa CTE actual. Cabe recordar además que la instalación fotovoltaica considerada sólo ha permitido la calificación de Classic en relación a la generación de energía mediante fuentes renovables, y que en caso de conseguir una calificación Plus o Premium la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> hubiese sido aún más significativa.

El estándar Passivhaus y fundamentalmente su actualización al Edificio de Consumo Casi Nulo (ECCN) constituyen una estrategia muy acertada alineada con el compromiso de los países firmantes del compromiso de Kioto en relación a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero.

## 6 CONCLUSIONES

### 6.1 Respecto a los objetivos planteados

Los objetivos planteados consistían en comprobar los motivos de la baja aceptación o implantación del estándar Passivhaus en España, en base al mapa de certificaciones Passivhaus de la Fig. 2.35, considerando motivaciones constructivas, energéticas y económicas, y de emisiones de CO<sub>2</sub>.

Efectivamente, el número de certificaciones Passivhaus a día de hoy sigue siendo escaso. No obstante, cabe señalar la existencia de edificaciones construidas según los criterios del estándar pero no certificadas, aunque de ello no se disponen datos certeros.

En cualquier caso, se trate de edificaciones certificadas o no, se puede concluir al respecto de su implantación:

- Constructivamente no se trata de viviendas con tecnologías muy avanzadas con respecto a las viviendas realizadas según el CTE.

La envolvente básicamente incorpora mejoras en el aislamiento, tanto de los cerramientos opacos como de los vidrios y carpinterías. En cuanto al sistema de ventilación, la gran diferencia radica en la incorporación del recuperador de calor, y en cuanto a la generación de energía renovable, la incorporación de paneles fotovoltaicos u otro sistema, que para nada suponen grandes novedades tecnológicas.

Por tanto, no es un estándar difícil de implantar tecnológicamente hablando, y su implantación depende fundamentalmente de cuestiones económicas. Si bien estos sistemas propios del estándar pudieron ser más caros años atrás, en la actualidad se han reducido mucho los precios, tanto de carpinterías, vidrios, recuperadores de calor y paneles fotovoltaicos, reduciéndose así los costes de implantación y por tanto el tiempo de amortización.

- En cuanto a las consideraciones energéticas y económicas, queda probado a lo largo del desarrollo del estudio que se reduce considerablemente el consumo energético de la vivienda Passivhaus respecto a la vivienda realizada según las disposiciones del CTE, fundamentalmente en el caso de la vivienda Passivhaus considerando instalación fotovoltaica. En este caso, y considerando la certificación Passivhaus, el tiempo de amortización es de 22 años, llegando a los 31 años en el caso de vivienda Passivhaus sin instalación fotovoltaica y con certificación.

Se trata, por tanto, de tiempos de amortización económica elevados, poco atractivos desde el punto de vista de la inversión.

- Respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub>, queda demostrado que la implantación del estándar reduce considerablemente las mismas, fundamentalmente en el caso de realizar instalación fotovoltaica, según se refleja en la Fig. 5.117.

Es un estándar asequible en su implementación constructiva, pero con unos plazos de amortización que pueden resultar poco atractivos para muchos usuarios-promotores, resultando necesario que consideren y valoren otros beneficios del estándar como son:

- Alto grado de confort interior, no siendo necesaria la apertura de ventanas debido a la calidad de la ventilación, reduciéndose así la entrada de polvo y ruidos.
- Bajas emisiones de CO<sub>2</sub> de las viviendas Passivhaus con respecto a las viviendas realizadas según CTE.

Si bien este perfil de usuario puede no estar generalizado en la actualidad, poco a poco va creciendo, fundamentalmente en el aspecto del confort interior. En cuanto a las bajas emisiones de CO<sub>2</sub>, la conciencia medioambiental también va creciendo, y posiblemente de la mano de este crecimiento se vayan implantando más viviendas que incorporen los criterios del estándar Passivhaus de aquí en adelante.

## 6.2 Respecto a las limitaciones de los softwares empleados

Para la realización del presente trabajo final de máster se ha empleado fundamentalmente Cypecad Mep, software de Cype para el cálculo energético y de las instalaciones de las edificaciones según las disposiciones del CTE.

Por tanto, se ha hecho uso de un software no específico del estándar Passivhaus, encontrándose las siguientes limitaciones en el uso del mismo para este fin:

- Los resultados obtenidos en las limitaciones de consumo de energía se establecen en diferentes tipos de energía. Así, mientras que en el estándar Passivhaus se limita la energía primaria total, en el CTE se limita la energía primaria no renovable. Ello supone la necesidad de realizar una serie de conversiones de un tipo de energía a otro teniendo en cuenta coeficientes de paso y considerando el consumo de energía de electricidad doméstica y auxiliar según el IDAE, que pudieran conducir a distorsiones de los resultados o diferencia de criterio con el software PHPP de Passivhaus.

- Las cargas térmicas calculadas con Cypecad Mep, y según la comparativa realizada en la Tabla 5.15, parecen ser muy superiores a las calculadas con el software específico de Passivhaus PHPP.
- No ha sido posible determinar la demanda de energía primaria renovable (PER) mediante Cypecad Mep, al tratarse de un concepto nuevo relacionado con la Directiva 2010/31/UE de conseguir Edificios de Consumo Casi Nulo, que aún no ha sido incorporado a la normativa del CTE y por tanto Cypecad Mep no lo evalúa en la versión utilizada.

En este trabajo se ha hecho uso del Software Cypecad Mep por motivo de conocimiento previo del mismo y por permitir una comparativa directa con el CTE, que ha supuesto una parte fundamental del presente trabajo. No obstante, si bien para el propósito del estudio en cuestión Cypecad Mep ha resultado adecuado, queda evidenciado que es preciso hacer uso del software específico PHPP para proyectar viviendas Passivhaus según el estándar, y más aún en caso de pretender la certificación de la misma.

### 6.3 Personales

Desde antes de realizar el presente trabajo el estándar Passivhaus me había llamado la atención, si bien no tenía un conocimiento pleno del mismo, y básicamente relacionaba su funcionamiento con la arquitectura pasiva tradicional.

Efectivamente, el estándar Passivhaus parte de una base de arquitectura pasiva a la que se le añaden una serie de componentes específicos del estándar como son un gran aislamiento térmico, inercia térmica, ausencia de puentes térmicos, alta calidad de ventanas y puertas, hermeticidad, ventilación controlada con recuperador de calor y ventilación natural cruzada en verano. Se consiguen de esta manera edificios de muy bajas cargas térmicas donde se puede suministrar la energía necesaria para climatización a través de los conductos de ventilación, sin sobredimensionar el sistema, y siendo ésta la esencia del estándar.

Es un concepto de arquitectura pasiva desde un punto de vista tradicional a la que se le añaden sistemas activos mínimos para conseguir altos grados de confort interior.

A partir de los criterios de arquitectura pasiva, en la mayoría de ejemplos Passivhaus resultan viviendas compactas, sin grandes voladizos ni volumetrías complejas, que confieren un aspecto austero y sereno a las edificaciones resultantes. Estas características tienen su contrapunto, en muchos casos, en la disposición de paneles

fotovoltaicos, en fachada o cubierta, que a su vez confieren a las viviendas un aspecto tecnológico e innovador.

Sin lugar a duda, y dentro de las modalidades de viviendas Passivhaus estudiadas, optaría por la vivienda Passivhaus con instalación fotovoltaica y certificación por los siguientes motivos:

1. El tiempo de amortización resulta 22 años con respecto a la vivienda CTE, sólo dos años más que sin considerar la certificación y no llegando a ser un tiempo de amortización excesivo en relación a la vida útil de una vivienda.
2. La certificación Passivhaus da valor añadido a la vivienda, asegurando el cumplimiento de los diferentes criterios de certificación, como el consumo de energía primaria.
3. Las emisiones de CO<sub>2</sub> se reducen considerablemente con respecto a la vivienda CTE.
4. Resulta interesante el aspecto tecnológico de la vivienda con la incorporación de las placas fotovoltaicas desde un punto de vista arquitectónico.

En líneas generales el estándar Passivhaus me parece muy interesante y acertado, desde su concepto a las arquitecturas que con su puesta en práctica se generan, y fundamentalmente por constituir una medida eficaz para contribuir a la deceleración del proceso de calentamiento global en que se encuentra el planeta, motivo por el cual estándares de construcción, certificaciones medioambientales y normativas energéticas se siguen desarrollando y poniendo en práctica en la actualidad.

## **7 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN**

1. Repercusión de los criterios de arquitectura pasiva en la demanda energética de los edificios.
2. Influencia de la domótica en la demanda energética de los edificios.
3. Aplicación de criterios Passivhaus en la rehabilitación energética de edificios.
4. Comparativa entre viviendas Passivhaus con estructura de hormigón convencional y con entramado de madera: Prestaciones y precios.
5. Estudio de los diferentes sistemas de energía renovable aplicables a viviendas Passivhaus. Influencia en la clasificación: Classic, Plus y Premium.
6. Estudio de diferentes sistemas de calefacción y refrigeración empleados en las edificaciones Passivhaus en relación al sistema de ventilación con recuperador de calor.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- Calero, E. M. (2010-2011). Edificación Passivhaus - Trabajo Fin de Máster, Universitat Politècnica de Catalunya.
- *Certificado de Eficiencia Energética*. (2015). Obtenido de <http://certificadodeeficienciaenergetica.com/articulo/aislamientos-y-espesores-utilizados-ct-79-hasta-hoy>
- Europeo, P. (2010). Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética.
- Europeo, P. (2012). Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética.
- Garzón, B. (2007). *Arquitectura Bioclimática*. Buenos Aires: Nobuko.
- González Couret, D. (s.f.). *Cubasolar*. Obtenido de <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia22/HTML/articulo07.htm>
- Hernández, P. J. (2014). *Pedro J. Hernández - Arquitectura, Diseño y Arte*. Obtenido de <https://pedrojhernandez.com/2014/03/01/antecedentes-historicos-de-la-arquitectura-bioclimatica/>
- IDAE. (2011). *Instituto de la Diversificación y Ahorro de Energía*. Obtenido de [http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_Informe\\_SPAHOUSEC\\_ACC\\_f68291a3.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_Informe_SPAHOUSEC_ACC_f68291a3.pdf)
- Ministerio de agricultura y pesca, a. y. (2017). *Ministerio de agricultura y pesca, alimentación y medio ambiente*. Obtenido de <http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/edificacion.aspx#para1>
- Ministerio de Agricultura y Pesca, A. y. (2017). *Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente*. Obtenido de <http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/el-proceso-internacional-de-lucha-contra-el-cambio-climatico/naciones-unidas/protocolo-kioto.aspx>
- Ministerio de Agricultura y Pesca, A. y. (2017). *Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente*. Obtenido de <http://www.mapama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/edificacion.aspx#para1>
- Ministerio de Agricultura y Pesca, A. y. (2017). *Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente*. Obtenido de

[http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/documentoresumen-geiespana-serie1990-2015\\_tcm7-453238.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/documentoresumen-geiespana-serie1990-2015_tcm7-453238.pdf)

- Ministerios de Industria, E. y. (2016). *Factores de CO2 y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final*.
- *Passive-on Project*. (s.f.). Obtenido de <http://www.eerg.it/passive-on.org/es/index.php>
- *Plataforma de Edificación Passivhaus*. (s.f.). Obtenido de <http://www.plataforma-pep.org/>
- Unidas, N. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*.
- Unidas, N. (1997). Protocolo de Kioto.
- Vitruvio Polión, M. (2016). Libro 6º, Capítulo 1º. Alianza Editorial.
- Vivienda, M. d. (1979). CT-79 - Condiciones térmicas en los edificios. En *NBE - Norma Básica de la Edificación*.
- Vivienda, M. d. (2009). DB HS - Salubridad. En *Código Técnico de la Edificación*.
- Vivienda, M. d. (2013). DB HE - Ahorro de Energía. En *Código Técnico de la Edificación*.
- Wassouf, M. (2014). *De la casa pasiva al estándar Passivhaus*. Barcelona: Gustavo Gili.
- Wassouf, M. (s.f.). *Energiehaus-Edificios Pasivos*. Obtenido de <http://www.energiehaus.es/>



## 9 ANEXOS



## **Anexo - 01: JUSTIFICACIONES DE LA VIVIENDA PASSIVHAUS**

## **ANEXO 01.01: DEMANDA ENERGÉTICA – VIVIENDA PASSIVHAUS**

### **ÍNDICE:**

#### **1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.**

##### **1.1.- Demanda energética anual por superficie útil.**

##### **1.2.- Resumen del cálculo de la demanda energética.**

##### **1.3.- Resultados mensuales.**

1.3.1.- Balance energético anual del edificio.

1.3.2.- Demanda energética mensual de calefacción y refrigeración.

1.3.3.- Evolución de la temperatura.

#### **2.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.**

##### **2.1.- Zonificación climática**

##### **2.2.- Zonificación del edificio, perfil de uso y nivel de acondicionamiento.**

2.2.1.- Agrupaciones de recintos.

2.2.2.- Perfiles de uso utilizados.

##### **2.3.- Descripción geométrica y constructiva del modelo de cálculo.**

2.3.1.- Composición constructiva. Elementos constructivos pesados.

2.3.2.- Composición constructiva. Elementos constructivos ligeros.

##### **2.4.- Procedimiento de cálculo de la demanda energética.**

## 1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.

### 1.1.- Demanda energética anual por superficie útil.

$$D_{\text{cal,edificio}} = 3.77 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{\text{cal,lim}} = D_{\text{cal,base}} + F_{\text{cal,sup}}/S = 15.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$D_{\text{cal,edificio}}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{cal,lim}}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{cal,base}}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 15 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{\text{cal,sup}}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 0.

$S$ : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 140.83 m<sup>2</sup>.

$$D_{\text{ref,edificio}} = 11.77 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{\text{ref,lim}} = 20.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$D_{\text{ref,edificio}}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{ref,lim}}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

### 1.2.- Resumen del cálculo de la demanda energética.

La siguiente tabla es un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

Zonas habitables	$S_u$ (m <sup>2</sup> )	$D_{\text{cal}}$ (kWh/año)	$D_{\text{cal}}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·a))	$D_{\text{cal,base}}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))	$F_{\text{cal,sup}}$	$D_{\text{cal,lim}}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))	$D_{\text{ref}}$ (kWh/año)	$D_{\text{ref}}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·a))	$D_{\text{ref,lim}}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))
Vivienda unifamiliar	140.83	531.2	3.8	15	0	15.0	1657.0	11.8	20.0
	<b>140.83</b>	531.2	<b>3.8</b>	15	0	<b>15.0</b>	1657.0	<b>11.8</b>	<b>20.0</b>

donde:

$S_u$ : Superficie útil de la zona habitable, m<sup>2</sup>.

$D_{\text{cal}}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{cal,base}}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 15 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{\text{cal,sup}}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 0.

$D_{\text{cal,lim}}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{\text{ref}}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

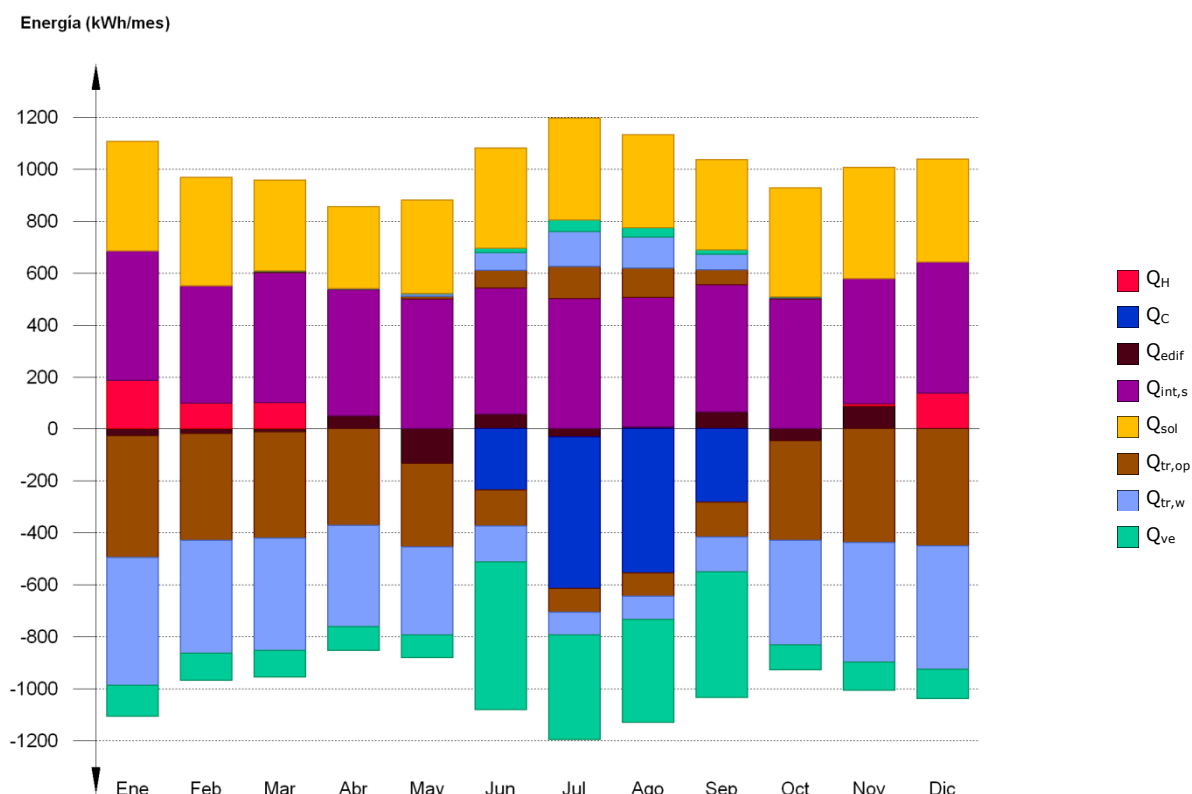
$D_{\text{ref,lim}}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

### 1.3.- Resultados mensuales.

#### 1.3.1.- Balance energético anual del edificio.

La siguiente gráfica de barras muestra el balance energético del edificio mes a mes, contabilizando la energía perdida o ganada por transmisión térmica al exterior a través de elementos pesados y ligeros ( $Q_{\text{tr,op}}$  y  $Q_{\text{tr,w}}$ , respectivamente), la energía intercambiada por ventilación ( $Q_{\text{ve}}$ ), la ganancia interna sensible neta ( $Q_{\text{int,s}}$ ), la ganancia solar neta ( $Q_{\text{sol}}$ ), el calor cedido o almacenado en la masa térmica del edificio ( $Q_{\text{edif}}$ ), y el aporte necesario de calefacción ( $Q_{\text{H}}$ ) y refrigeración ( $Q_{\text{C}}$ ).

## Anexo-01.01: Demanda energética – Vivienda Passivhaus



En la siguiente tabla se muestran los valores numéricos correspondientes a la gráfica anterior, del balance energético del edificio completo, como suma de las energías involucradas en el balance energético de cada una de las zonas térmicas que conforman el modelo de cálculo del edificio.

El criterio de signos adoptado consiste en emplear valores positivos para energías aportadas a la zona de cálculo, y negativos para la energía extraída.

	Ene (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año	
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/(m <sup>2</sup> ·a))
<b>Balance energético anual del edificio.</b>														
$Q_{tr,op}$	--	0.1	2.3	2.1	9.9	66.7	124.5	112.8	58.0	4.0	0.0	--	-3331.8	-23.7
$Q_{tr,w}$	--	0.1	2.1	1.9	9.4	68.9	133.1	120.8	61.0	3.8	--	--	-3476.1	-24.7
$Q_{ve}$	--	0.0	0.4	0.4	1.9	16.8	45.9	34.6	15.8	0.8	--	--	-2555.9	-18.1
$Q_{int,s}$	501.6	455.4	504.6	489.2	501.6	489.2	504.6	501.6	492.2	501.6	486.2	507.6	5899.5	41.9
$Q_{sol}$	426.4	422.6	353.6	318.0	364.8	390.0	396.3	362.6	350.8	426.1	433.4	401.8	4590.1	32.6
$Q_{edif}$	-27.2	-18.0	-11.6	49.3	-133.6	56.5	-30.7	6.5	64.7	-45.5	88.1	1.5		
$Q_H$	<b>186.8</b>	<b>97.9</b>	<b>101.0</b>	<b>0.4</b>	<b>1.5</b>	--	--	--	--	--	<b>7.8</b>	<b>135.9</b>	<b>531.2</b>	<b>3.8</b>
$Q_C$	--	--	--	--	--	<b>-234.9</b>	<b>-584.7</b>	<b>-554.5</b>	<b>-282.9</b>	--	--	--	<b>-1657.0</b>	<b>-11.8</b>
$Q_{HC}$	<b>186.8</b>	<b>97.9</b>	<b>101.0</b>	<b>0.4</b>	<b>1.5</b>	<b>234.9</b>	<b>584.7</b>	<b>554.5</b>	<b>282.9</b>	--	<b>7.8</b>	<b>135.9</b>	<b>2188.2</b>	<b>15.5</b>

donde:

$Q_{tr,op}$ : Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$Q_{tr,w}$ : Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$Q_{ve}$ : Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$Q_{int,s}$ : Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor interna sensible, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$Q_{sol}$ : Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor solar, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$Q_{edif}$ : Transferencia de calor correspondiente al almacenamiento o cesión de calor por parte de la masa térmica del edificio, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$Q_H$ : Energía aportada de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

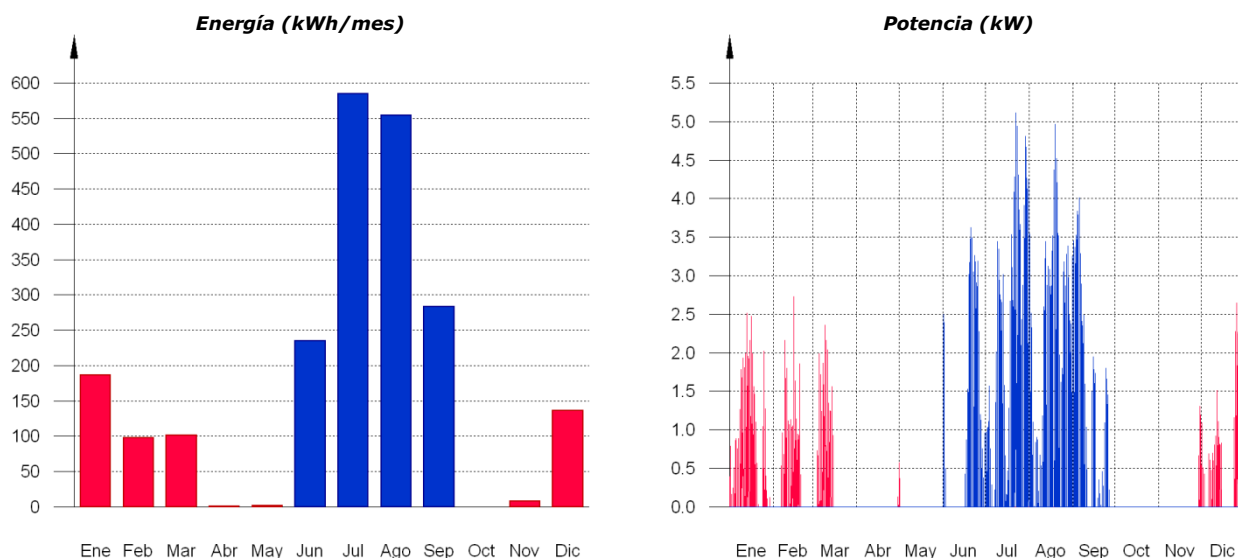
## Anexo-01.01: Demanda energética – Vivienda Passivhaus

$Q_C$ : Energía aportada de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

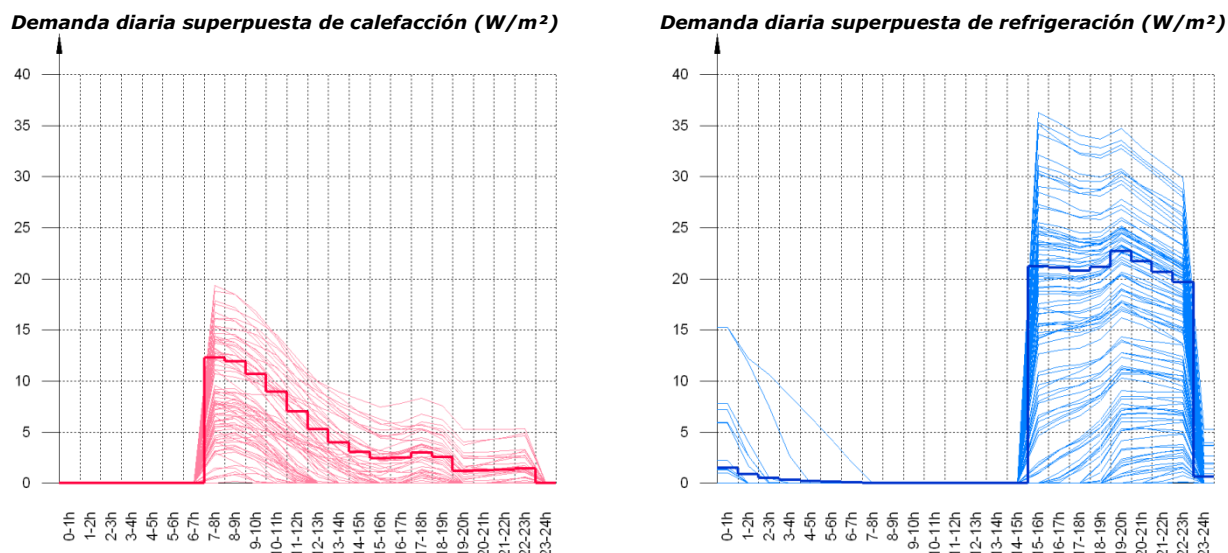
$Q_{HC}$ : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

### 1.3.2.- Demanda energética mensual de calefacción y refrigeración.

Atendiendo únicamente a la demanda energética a cubrir por los sistemas de calefacción y refrigeración, las necesidades energéticas y de potencia útil instantánea a lo largo de la simulación anual se muestran en los siguientes gráficos:



A continuación, en los gráficos siguientes, se muestran las potencias útiles instantáneas por superficie acondicionada de aporte de calefacción y refrigeración para cada uno de los días de la simulación en los que se necesita aporte energético para mantener las condiciones interiores impuestas, mostrando cada uno de esos días de forma superpuesta en una gráfica diaria en horario legal, junto a una curva típica obtenida mediante la ponderación de la energía aportada por día activo, para cada día de cálculo:



La información gráfica anterior se resume en la siguiente tabla de resultados estadísticos del aporte energético de calefacción y refrigeración:

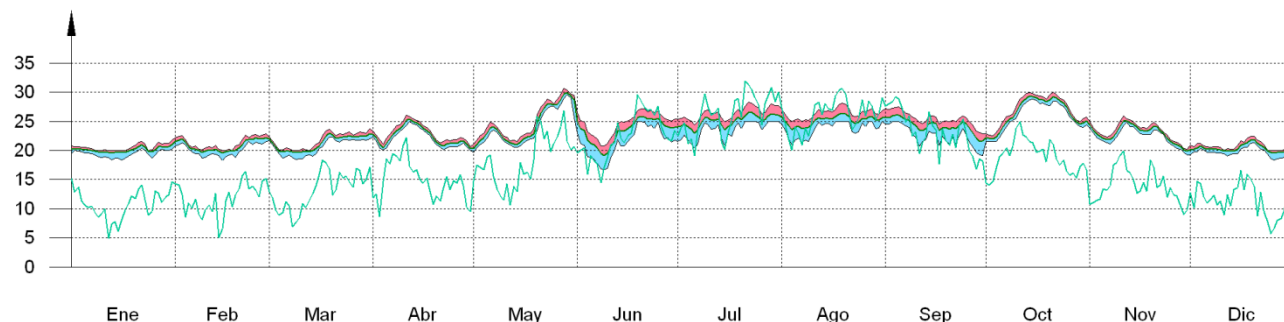
	Nº activ.	Nº días activos (d)	Nº horas activas (h)	Nº horas por activ. (h)	Potencia típica (W/m <sup>2</sup> )	Demanda típica por día activo (kWh/m <sup>2</sup> )
<b>Calefacción</b>	88	78	728	9	5.18	0.0484
<b>Refrigeración</b>	103	100	750	7	15.69	0.1177

### 1.3.3.- Evolución de la temperatura.

La evolución de la temperatura interior se muestra en la siguiente gráfica, que muestra la evolución de las temperaturas mínima, máxima y media de cada día de cálculo, junto a la temperatura exterior media diaria:

#### Vivienda unifamiliar

Temperatura (°C)



## 2.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.

### 2.1.- Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de **Alacant/Alicante (provincia de Alicante)**, con una altura sobre el nivel del mar de **7 m**. Le corresponde, conforme al Apéndice B de CTE DB HE 1, la zona climática **B4**. La pertenencia a dicha zona climática define las **solicitaciones exteriores** para el cálculo de demanda energética, mediante la determinación del clima de referencia asociado, publicado en formato informático (fichero MET) por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, del Ministerio de Fomento.

### 2.2.- Zonificación del edificio, perfil de uso y nivel de acondicionamiento.

#### 2.2.1.- Agrupaciones de recintos.

Se muestra a continuación la caracterización de los espacios que componen cada una de las zonas de cálculo del edificio. Para cada espacio, se muestran su superficie y volumen, junto a sus **condiciones operacionales** conforme a los perfiles de uso del Apéndice C de CTE DB HE 1, su **acondicionamiento térmico**, y sus **solicitaciones interiores** debidas a aportes de energía de ocupantes, equipos e iluminación.

	S (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	b <sub>ve</sub>	ren <sub>h</sub> (1/h)	ΣQ <sub>ocup,s</sub> (kWh/año)	ΣQ <sub>equip</sub> (kWh/año)	ΣQ <sub>ilum</sub> (kWh/año)	T <sup>a</sup> calef. media (°C)	T <sup>a</sup> refrig. media (°C)
<b>Vivienda unifamiliar</b> (Zona habitable, Perfil: <b>Residencial</b> )									
Estar-Comedor-Paso1	40.53	110.66	0.15	0.86	536.6	585.8	585.8	19.0	26.0
Dormitorio-1	10.46	28.56	0.15	0.86	138.5	151.2	151.2	19.0	26.0
Baño-1	5.49	12.78	0.15	0.86	72.7	79.3	79.3	19.0	26.0
Cocina	10.56	24.60	0.15	0.86	139.8	152.7	152.7	19.0	26.0
Dormitorio-2	11.96	32.64	0.15	0.86	158.3	172.8	172.8	19.0	26.0
Dormitorio-3	13.07	35.68	0.15	0.86	173.0	188.9	188.9	19.0	26.0
Dormitorio-Principal	17.98	49.09	0.15	0.86	238.0	259.9	259.9	19.0	26.0
Paso-2	18.08	42.10	0.15	0.86	239.3	261.3	261.3	19.0	26.0
Baño-2	7.61	17.72	0.15	0.86	100.7	110.0	110.0	19.0	26.0
Baño-Principal	5.09	11.87	0.15	0.86	67.4	73.6	73.6	19.0	26.0
	<b>140.83</b>	<b>365.70</b>	<b>0.15</b>	<b>0.86/1.217*/4**</b>	<b>1864.3</b>	<b>2035.6</b>	<b>2035.6</b>	<b>19.0</b>	<b>26.0</b>

donde:

S: Superficie útil interior del recinto, m<sup>2</sup>.



## Anexo-01.01: Demanda energética – Vivienda Passivhaus

$V$ : Volumen interior neto del recinto,  $m^3$ .

$b_{ve}$ : Factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación. En caso de disponer de una unidad de recuperación de calor, el factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación para el caudal de aire procedente de la unidad de recuperación es igual a  $b_{ve} = (1 - f_{ve,frac} \cdot \eta_{hru})$ , donde  $\eta_{hru}$  es el rendimiento de la unidad de recuperación y  $f_{ve,frac}$  es la fracción del caudal de aire total que circula a través del recuperador.

$ren_h$ : Número de renovaciones por hora del aire del recinto.

\*: Valor medio del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable, incluyendo las infiltraciones calculadas y los periodos de 'free cooling'.

\*\*: Valor nominal del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable en régimen de 'free cooling' (ventilación natural nocturna en las noches de verano).

$Q_{ocup,s}$ : Sumatorio de la carga interna sensible debida a la ocupación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.

$Q_{equip}$ : Sumatorio de la carga interna debida a los equipos presentes en el recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.

$Q_{ilum}$ : Sumatorio de la carga interna debida a la iluminación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.

$T^{calef. media}$ : Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de calefacción, °C.

$T^{refrig. media}$ : Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de refrigeración, °C.

## 2.2.2.- Perfiles de uso utilizados.

Los perfiles de uso utilizados en el cálculo del edificio, obtenidos del Apéndice C de CTE DB HE 1, son los siguientes:

		Distribución horaria																							
		1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h
<b>Perfil: Residencial (uso residencial)</b>																									
<b>Temp. Consigna Alta (°C)</b>																									
Enero a Mayo		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Junio a Septiembre		27	27	27	27	27	27	27	-	-	-	-	-	-	-	-	25	25	25	25	25	25	25	25	27
Octubre a Diciembre		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Temp. Consigna Baja (°C)</b>																									
Enero a Mayo		17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
Junio a Septiembre		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Octubre a Diciembre		17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
<b>Ocupación sensible (W/m²)</b>																									
Laboral		2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	2.15
Sábado y Festivo		2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
<b>Ocupación latente (W/m²)</b>																									
Laboral		1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	1.36
Sábado y Festivo		1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	1.36
<b>Iluminación (W/m²)</b>																									
Laboral, Sábado y Festivo		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.20	4.40	4.40	4.40	2.2
<b>Equipos (W/m²)</b>																									
Laboral, Sábado y Festivo		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.20	4.40	4.40	4.40	2.2
<b>Ventilación verano</b>																									
Laboral, Sábado y Festivo		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<b>Ventilación invierno</b>																									
Laboral, Sábado y Festivo		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

donde:

\*: Número de renovaciones correspondiente al mínimo exigido por CTE DB HS 3.

## 2.3.- Descripción geométrica y constructiva del modelo de cálculo.

### 2.3.1.- Composición constructiva. Elementos constructivos pesados.

La transmisión de calor al exterior a través de los elementos constructivos pesados que forman la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-23.7 kWh/(m<sup>2</sup>·año)) supone el **48.9%** de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-48.3 kWh/(m<sup>2</sup>·año)).

	Tipo	S (m <sup>2</sup> )	$\chi$ (kJ/ (m <sup>2</sup> ·K))	U (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	$\Sigma Q_{tr}$ (kWh /año)	$\alpha$	I. (°)	O. (°)	F <sub>sh,o</sub>	$\Sigma Q_{sol}$ (kWh /año)
<b>Vivienda unifamiliar</b>										
Fachada SATE		1.87	72.80	0.23	-21.7	0.4	V	S(179.93)	0.48	3.0
Fachada SATE		19.49	72.80	0.23	-226.0	0.4	V	O(-90)	0.84	40.0
Fachada SATE		9.70	72.80	0.23	-112.4	0.4	V	E(90)	0.98	22.8
Fachada SATE		3.47	72.80	0.23	-40.2	0.4	V	N(0)	0.78	1.2
Fachada SATE		3.48	72.80	0.23	-40.3	0.4	V	N(0)	0.74	1.1
Fachada SATE		1.27	72.80	0.23	-14.7	0.4	V	O(-90)	0.50	1.5
Fachada SATE		2.00	72.80	0.23	-23.1	0.4	V	E(90.1)	0.42	2.0
Tabique de una hoja, con revestimiento		49.74	62.53							
Tabique de una hoja, con revestimiento		60.50	70.64							
Solera		67.06	177.33	0.22	-711.1					
Forjado unidireccional		34.59	131.18							
Cubierta plana transitable (Forjado unidireccional)		9.53	115.34	0.17	-77.6	0.6	H		0.74	36.1
Fachada SATE		3.44	72.80	0.23	-39.9	0.4	V	S(180)	0.36	4.1
Fachada SATE		1.80	72.80	0.23	-20.9	0.4	V	E(90.01)	0.22	1.0
Fachada SATE		3.98	72.80	0.23	-46.1	0.4	V	N(0)	0.88	1.5
Fachada SATE		4.25	65.26	0.23	-49.3	0.4	V	N(0)	0.64	1.2
Tabique de una hoja, con revestimiento		49.74	69.67							
Tabique de una hoja, con revestimiento		15.98	61.55							
Forjado unidireccional		15.76	53.00							
Fachada SATE		3.45	65.26	0.23	-40.0	0.4	V	S(-179.9)	0.27	3.1
Fachada SATE		8.63	65.26	0.23	-100.1	0.4	V	E(90.1)	0.85	17.6
Fachada SATE		1.81	65.26	0.23	-21.0	0.4	V	O(-89.99)	0.20	0.9
Fachada SATE		4.39	65.26	0.23	-50.9	0.4	V	N(0)	0.96	1.8
Fachada SATE		25.32	72.80	0.23	-293.4	0.4	V	O(-90)	1.00	62.2
Fachada SATE		5.96	72.80	0.23	-69.1	0.4	V	N(0)	1.00	2.6
Forjado unidireccional volado al exterior		13.47	161.20	0.25	-162.8					
Forjado unidireccional		34.59	176.28							
Cubierta plana transitable (Forjado unidireccional)		43.01	115.34	0.17	-350.0	0.6	H		1.00	220.1
Fachada SATE		11.04	72.80	0.23	-128.0	0.4	V	E(90)	1.00	26.5
Fachada SATE		7.97	72.80	0.23	-92.4	0.4	V	N(0)	0.95	3.3
Forjado unidireccional		15.76	165.91							
Fachada SATE		1.06	72.80	0.23	-12.3	0.4	V	S(180)	0.55	2.0
Fachada SATE		5.38	72.80	0.23	-62.3	0.4	V	E(90)	0.57	7.3
Fachada SATE		6.42	72.80	0.23	-74.5	0.4	V	S(-179.67)	0.75	16.1
Cubierta plana transitable (Forjado unidireccional)		30.78	45.78	0.16	-242.9	0.6	H		1.00	152.7
Fachada SATE		1.36	65.26	0.23	-15.8	0.4	V	E(90)	0.44	1.4
Fachada SATE		4.51	65.26	0.23	-52.3	0.4	V	N(0)	1.00	1.9
Fachada SATE		5.24	65.26	0.23	-60.7	0.4	V	S(179.69)	0.95	16.6
Fachada SATE		6.88	65.26	0.23	-79.8	0.4	V	E(90)	1.00	16.5
<b>-3331.8</b>										<b>668.0</b>

donde:

## Anexo-01.01: Demanda energética – Vivienda Passivhaus

$S$ : Superficie del elemento.

$\chi$ : Capacidad calorífica por superficie del elemento.

$U$ : Transmitancia térmica del elemento.

$Q_{tr}$ : Calor intercambiado con el ambiente exterior, a través del elemento, a lo largo del año.

$\alpha$ : Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la superficie opaca.

$I$ : Inclinação de la superficie (elevación).


















$O$ : Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).

$F_{sh,o}$ : Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores.

$Q_{sol}$ : Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

## 2.3.2.- Composición constructiva. Elementos constructivos ligeros.

La transmisión de calor al exterior a través de los elementos constructivos ligeros que forman la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-24.7 kWh/(m<sup>2</sup>·año)) supone el **51.1%** de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-48.3 kWh/(m<sup>2</sup>·año)).

	Tipo	$S$ (m <sup>2</sup> )	$U_g$ (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	$F_F$ (%)	$U_f$ (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	$\Sigma Q_{tr}$ (kWh /año)	$g_{gl}$	$\alpha$	$I$ (°)	$O$ (°)	$F_{sh,gl}$	$F_{sh,o}$	$\Sigma Q_{sol}$ (kWh /año)
<b>Vivienda unifamiliar</b>													
Puerta de entrada a la vivienda, de madera		1.88		1.00	2.08	-187.4		0.6	V	E(90.1)	0.00	0.59	41.2
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/14/8 LOW.S		7.29	1.10	0.10	1.51	-399.7	0.18	0.6	V	S(179.93)	1.00	0.69	1005.6
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/14/8 LOW.S		7.29	1.10	0.10	1.51	-399.7	0.18	0.6	V	S(179.93)	1.00	0.77	1127.4
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/14/8 LOW.S		4.90	1.10	0.10	1.51	-268.6	0.18	0.6	V	S(179.93)	0.05	0.70	46.1
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/14/8 LOW.S		4.37	1.10	0.10	1.51	-239.6	0.15	0.6	V	O(-90)	0.05	0.64	24.3
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/14/8 LOW.S		1.88	1.10	0.10	1.51	-103.1	0.15	0.6	V	E(90.1)	0.87	0.60	129.1
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/14/8 LOW.S		3.85	1.10	0.10	1.51	-211.1	0.15	0.6	V	N(0)	1.00	0.96	219.9
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/14/8 LOW.S		0.75	1.10	0.10	1.51	-41.1	0.15	0.6	V	N(0)	1.00	0.90	40.5
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/14/8 LOW.S		0.73	1.10	0.10	1.51	-40.1	0.15	0.6	V	E(90.1)	0.04	0.89	4.8
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/14/8 LOW.S		3.85	1.10	0.10	1.51	-211.1	0.15	0.6	V	N(0)	1.00	0.96	221.9
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/14/8 LOW.S		2.85	1.10	0.10	1.51	-156.3	0.15	0.6	V	N(0)	1.00	1.00	170.4
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/14/8 LOW.S		2.10	1.10	0.10	1.51	-115.1	0.15	0.6	V	N(0)	1.00	0.96	121.1
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/14/8 LOW.S		7.02	1.10	0.10	1.51	-384.8	0.18	0.6	V	S(180)	0.50	0.76	544.2
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/14/8 LOW.S		3.91	1.10	0.10	1.51	-214.4	0.18	0.6	V	S(-179.67)	0.41	0.62	202.6
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/14/8 LOW.S		4.38	1.10	0.10	1.51	-240.2	0.15	0.6	V	E(90)	0.05	1.00	37.7
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/14/8 LOW.S		4.38	1.10	0.10	1.51	-240.2	0.15	0.6	V	O(-90)	0.05	1.00	38.4
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/14/8 LOW.S		0.43	1.10	0.10	1.51	-23.6	0.15	0.6	V	E(90)	0.03	1.00	3.1

Tipo	S (m <sup>2</sup> )	U <sub>g</sub> (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	F <sub>F</sub> (%)	U <sub>f</sub> (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	ΣQ <sub>tr</sub> (kWh /año)	g <sub>gl</sub>	α	I. (°)	O. (°)	F <sub>sh,gl</sub>	F <sub>sh,o</sub>	ΣQ <sub>sol</sub> (kWh /año)
					-3476.1							3978.4

donde:

$S$ : Superficie del elemento.

$U_g$ : Transmitancia térmica de la parte translúcida.

$F_F$ : Fracción de parte opaca del elemento ligero.

$U_f$ : Transmitancia térmica de la parte opaca.

$Q_{tr}$ : Calor intercambiado con el ambiente exterior, a través del elemento, a lo largo del año.

$g_{qt}$ : Transmitancia total de energía solar de la parte transparente.

$\alpha$ : Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la parte opaca del elemento ligero.

*I.:* *Inclinación de la superficie (elevación).*

*O.:* Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).

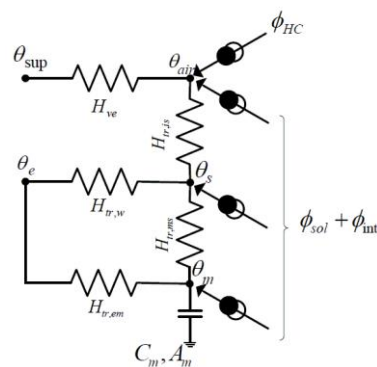
$F_{sh,ql}$ : Valor medio anual del factor reductor de sombreadamiento para dispositivos de sombra móviles.

$F_{sh,0}$ : Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores.

$Q_{sol}$ : Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

## 2.4.- Procedimiento de cálculo de la demanda energética.

El procedimiento de cálculo empleado consiste en la simulación anual de un modelo zonal del edificio con acoplamiento térmico entre zonas, mediante el método completo simplificado en base horaria de tipo dinámico descrito en UNE-EN ISO 13790:2011, cuya implementación ha sido validada mediante los tests descritos en la Norma EN 15265:2007 (Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures). Este procedimiento de cálculo utiliza un modelo equivalente de resistencia-capacitancia (R-C) de tres nodos en base horaria. Este modelo hace una distinción entre la temperatura del aire interior y la temperatura media radiante de las superficies interiores (revestimiento de la zona del edificio), permitiendo su uso en comprobaciones de confort térmico, y aumentando la exactitud de la consideración de las partes radiantes y convectivas de las ganancias solares, luminosas e internas.



La metodología cumple con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 1, al considerar los siguientes aspectos:

- el diseño, emplazamiento y orientación del edificio;
- la evolución hora a hora en régimen transitorio de los procesos térmicos;
- el acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio a distintas temperaturas;
- las solicitudes interiores, solicitudes exteriores y condiciones operacionales especificadas en los apartados 4.1 y 4.2 de CTE DB HE 1, teniendo en cuenta la posibilidad de que los espacios se comporten en oscilación libre;
- las ganancias y pérdidas de energía por conducción a través de la envolvente térmica del edificio, compuesta por los cerramientos opacos, los huecos y los puentes térmicos, con consideración de la inercia térmica de los materiales;
- las ganancias y pérdidas producidas por la radiación solar al atravesar los elementos transparentes o semitransparentes y las relacionadas con el calentamiento de elementos opacos de la envolvente térmica, considerando las propiedades de los elementos, su orientación e inclinación y las sombras propias del edificio u otros obstáculos que puedan bloquear dicha radiación;
- las ganancias y pérdidas de energía producidas por el intercambio de aire con el exterior debido a ventilación e infiltraciones teniendo en cuenta las exigencias de calidad del aire de los distintos espacios y las estrategias de control empleadas.

Permitiendo, además, la obtención separada de la demanda energética de calefacción y de refrigeración del edificio.

## **ANEXO 01.02: CONSUMO ENERGÉTICO – VIVIENDA PASSIVHAUS**

### **ÍNDICE:**

#### **1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO**

**1.1.- Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable.**

**1.2.- Resultados mensuales.**

1.2.1.- Consumo energético anual del edificio.

#### **2.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.**

**2.1.- Zonificación climática**

**2.2.- Demanda energética del edificio.**

2.2.1.- Demanda energética de calefacción y refrigeración.

2.2.2.- Demanda energética de ACS.

**2.3.- Descripción de los sistemas de aporte del edificio.**

**2.4.- Factores de conversión de energía final a energía primaria utilizados.**

**2.5.- Procedimiento de cálculo del consumo energético.**

## 1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO

### 1.1.- Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable.

$$C_{ep,edificio} = 12.30 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq C_{ep,lim} = C_{ep,base} + F_{ep,sup}/S = 52.10 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$C_{ep,edificio}$ : Valor calculado del consumo energético de energía primaria no renovable, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$C_{ep,lim}$ : Valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$C_{ep,base}$ : Valor base del consumo energético de energía primaria no renovable, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 0), 45.00 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{ep,sup}$ : Factor corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable (tabla 2.1, CTE DB HE 0), 1000.

$S_u$ : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 140.83 m<sup>2</sup>.

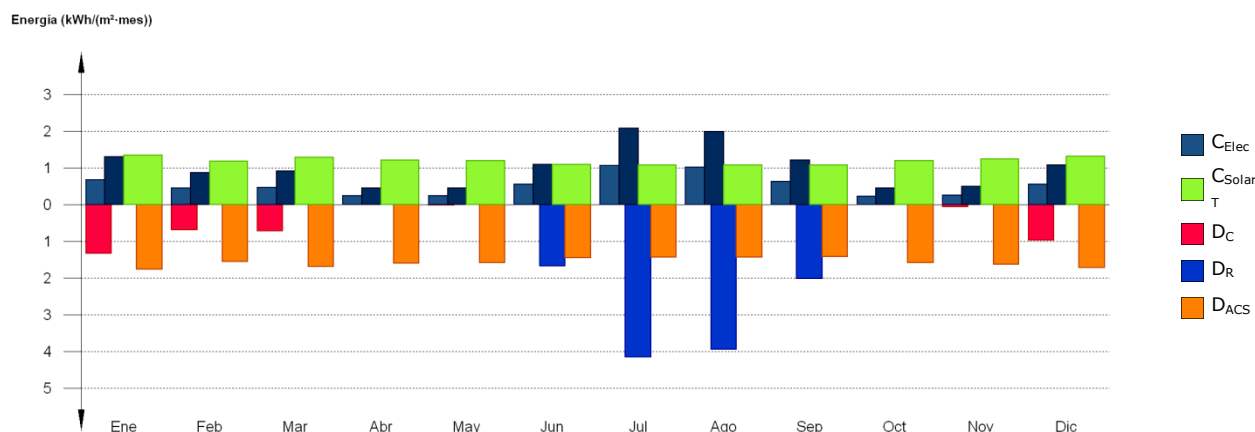
### 1.2.- Resultados mensuales.

#### 1.2.1.- Consumo energético anual del edificio.

La siguiente gráfica de barras representa el balance entre el consumo energético del edificio y la demanda energética, mostrando de forma visual la eficiencia energética del edificio, al representar gráficamente la compensación de la demanda mediante el consumo.

En el semieje de ordenadas positivo se representan, mes a mes, los distintos consumos energéticos del edificio, separando entre vectores energéticos de origen renovable y no renovable, y mostrando para éstos últimos tanto la energía final consumida como el montante de energía primaria necesaria para generar dicha energía final en punto de consumo.

En el semieje de ordenadas negativo se representa, mes a mes, la demanda energética del edificio, separada por servicio, distinguiendo la demanda de calefacción, la de refrigeración y la de agua caliente sanitaria.



En la siguiente tabla se expresan, de forma numérica, los valores representados en la gráfica anterior, mostrando, para cada vector energético utilizado, la energía útil aportada, la energía final consumida y la energía primaria equivalente, añadiendo también los totales para el consumo de energía final y energía primaria de origen renovable y no renovable, así como los valores de todas las cantidades ponderados por la superficie útil de los espacios habitables del edificio, en kWh/(m<sup>2</sup>·año).

													Año		
													(kWh/año)	(kWh/(m²·a))	
EDIFICIO (S <sub>u</sub> = 140.83 m²; V = 365.7 m³)															
Demanda energética	C	186.8	97.9	101.0	0.4	1.5	--	--	--	--	--	7.8	135.9	531.2	3.8
	R	--	--	--	--	--	234.9	584.7	554.5	282.9	--	--	--	1657.0	11.8
	ACS	247.1	218.6	237.0	224.4	221.8	204.9	201.6	201.6	200.0	221.9	229.3	242.0	2650.2	18.8
	TOTAL	433.9	316.5	337.9	224.8	223.3	439.8	786.3	756.2	482.9	221.9	237.1	377.9	4838.4	34.4

## Anexo-01.02: Consumo energético – Vivienda Passivhaus

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/(m <sup>2</sup> ·a))
Solar térmica	EA <sub>ACS</sub>	148.2	131.2	142.2	134.6	133.1	122.9	121.0	121.0	120.0	133.1	137.6	145.2	1590.1	<b>11.3</b>
	EF	187.9	166.4	180.3	170.3	167.8	153.8	150.3	150.4	150.4	167.3	173.9	184.5	2003.2	<b>14.2</b>
	%D <sub>ACS</sub>	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	60.0	
Electricidad (f <sub>cep</sub> = 1.954)	EA <sub>C</sub>	186.8	97.9	101.0	0.4	1.5	--	--	--	--	--	7.8	135.9	531.2	<b>3.8</b>
	EA <sub>ACS</sub>	98.8	87.4	94.8	89.8	88.7	82.0	80.7	80.7	80.0	88.7	91.7	96.8	1060.1	<b>7.5</b>
	EA <sub>R</sub>	--	--	--	--	--	234.9	584.7	554.5	282.9	--	--	--	1657.0	<b>11.8</b>
	EF	93.3	61.8	65.4	32.6	32.4	77.7	149.2	143.0	87.0	31.9	35.5	76.9	886.7	<b>6.3</b>
	EP <sub>ren</sub>	38.6	25.6	27.1	13.5	13.4	32.2	61.8	59.2	36.0	13.2	14.7	31.9	367.1	<b>2.6</b>
	EP <sub>nr</sub>	182.3	120.8	127.8	63.6	63.3	151.9	291.5	279.4	169.9	62.3	69.4	150.3	1732.5	<b>12.3</b>
C <sub>ef,total</sub>		<b>281.2</b>	<b>228.2</b>	<b>245.7</b>	<b>202.9</b>	<b>200.2</b>	<b>231.6</b>	<b>299.4</b>	<b>293.4</b>	<b>237.3</b>	<b>199.2</b>	<b>209.4</b>	<b>261.4</b>	<b>2889.8</b>	<b>20.5</b>
C <sub>ep,ren</sub>		<b>226.5</b>	<b>192.0</b>	<b>207.3</b>	<b>183.8</b>	<b>181.2</b>	<b>186.0</b>	<b>212.0</b>	<b>209.6</b>	<b>186.4</b>	<b>180.5</b>	<b>188.6</b>	<b>216.3</b>	<b>2370.3</b>	<b>16.8</b>
C <sub>ep,nr</sub>		<b>182.3</b>	<b>120.8</b>	<b>127.8</b>	<b>63.6</b>	<b>63.3</b>	<b>151.9</b>	<b>291.5</b>	<b>279.4</b>	<b>169.9</b>	<b>62.3</b>	<b>69.4</b>	<b>150.3</b>	<b>1732.5</b>	<b>12.3</b>

donde:

S<sub>u</sub>: Superficie habitable del edificio, m<sup>2</sup>.V: Volumen neto habitable del edificio, m<sup>3</sup>.D<sub>C</sub>: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de calefacción, kWh.D<sub>R</sub>: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de refrigeración, kWh.D<sub>ACS</sub>: Demanda de energía útil correspondiente al servicio de ACS, kWh.f<sub>cep</sub>: Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables.

EA: Energía útil aportada, kWh.

EF: Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh.

EP<sub>ren</sub>: Consumo energético de energía primaria de origen renovable, kWh.EP<sub>nr</sub>: Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh.

%D: Porcentaje cubierto de la demanda energética total del servicio asociado por el vector energético de origen renovable.

C<sub>ef,total</sub>: Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/(m<sup>2</sup>·año).C<sub>ep,ren</sub>: Consumo energético total de energía primaria de origen renovable, kWh/(m<sup>2</sup>·año).C<sub>ep,nr</sub>: Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

## 2.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.

### 2.1.- Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de **Alacant/Alicante (provincia de Alicante)**, con una altura sobre el nivel del mar de **7 m**. Le corresponde, conforme al Apéndice B de CTE DB HE 1, la zona climática **B4**.

La pertenencia a dicha zona climática define las **solicitaciones exteriores** para el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración conforme a la exigencia básica CTE HE 1, mediante la determinación del clima de referencia asociado, publicado en formato informático (fichero MET) por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, del Ministerio de Fomento.

### 2.2.- Demanda energética del edificio.

La demanda energética del edificio que debe satisfacerse en el cálculo del consumo de energía primaria no renovable, magnitud de control conforme a la exigencia de limitación de consumo energético HE 0 para edificios de uso residencial o asimilable, corresponde a la suma de la energía demandada por los servicios de calefacción, refrigeración y ACS del edificio.

#### 2.2.1.- Demanda energética de calefacción y refrigeración.

La demanda energética de calefacción y refrigeración del edificio, calculada hora a hora y de forma separada para cada una de las zonas acondicionadas que componen el modelo térmico del edificio, se obtiene mediante la simulación anual de un modelo zonal del edificio con acoplamiento térmico entre zonas, mediante el método completo simplificado en base horaria de tipo dinámico descrito en UNE-EN ISO 13790:2011, cumpliendo con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 1, con el objetivo de determinar el cumplimiento de la exigencia básica de limitación de demanda energética de CTE DB HE 1.

Se muestran aquí, a modo de resumen, los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

## Anexo-01.02: Consumo energético – Vivienda Passivhaus

Zonas habitables	$S_u$ (m <sup>2</sup> )	$D_{cal}$		$D_{ref}$	
		(kWh/año)	(kWh/(m <sup>2</sup> ·a))	(kWh/año)	(kWh/(m <sup>2</sup> ·a))
Vivienda unifamiliar	140.83	531.2	3.8	1657.0	11.8
	<b>140.83</b>	<b>531.2</b>	<b>3.8</b>	<b>1657.0</b>	<b>11.8</b>

donde:

$S_u$ : Superficie útil de la zona habitable, m<sup>2</sup>.

$D_{cal}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

## 2.2.2.- Demanda energética de ACS.

La demanda energética correspondiente a los servicios de agua caliente sanitaria de las zonas habitables del edificio se determina conforme a las indicaciones del apartado 4 de CTE DB HE 4 y el documento de 'Condiciones de aceptación de programas alternativos a LIDER/CALENER', que remiten a la norma UNE 94002 para el cálculo de la demanda de energía térmica diaria de ACS en función del consumo de ACS diario por zona.

El salto térmico utilizado en el cálculo de la energía térmica necesaria se realiza entre una temperatura de referencia de 60°C, y la temperatura del agua de red en el emplazamiento del edificio proyectado, de valores:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
Temperatura del agua de red	11.0	12.0	13.0	14.0	16.0	18.0	20.0	20.0	19.0	16.0	13.0	12.0

La demanda diaria obtenida se reparte por horas, conforme al perfil a tal efecto, publicado en el documento citado anteriormente, para añadirse al cálculo horario del consumo energético como vector horario anual de demanda energética de ACS a satisfacer, para cada zona, mediante los sistemas técnicos disponibles en el edificio.

Se muestran a continuación los resultados del cálculo de la demanda energética de ACS para cada zona habitable del edificio, junto con las demandas diarias, el porcentaje de la demanda cubierto por energía renovable, y el restante a satisfacer mediante energías no renovables.

Zonas habitables	$Q_{ACS}$ (l/día)	$S_u$ (m <sup>2</sup> )	$D_{ACS}$		% $_{AS}$ (%)	$D_{ACS,nr}$	
			(kWh/año)	(kWh/(m <sup>2</sup> ·a))		(kWh/año)	(kWh/(m <sup>2</sup> ·a))
Vivienda unifamiliar	140.0	140.83	2650.2	18.8	60.0	1060.1	7.5
	<b>140.0</b>	<b>140.83</b>	<b>2650.2</b>	<b>18.8</b>	<b>60.0</b>	<b>1060.1</b>	<b>7.5</b>

donde:

$Q_{ACS}$ : Caudal diario demandado de agua caliente sanitaria, l/día.

$S_u$ : Superficie útil de la zona habitable, m<sup>2</sup>.

$D_{ACS}$ : Demanda energética correspondiente al servicio de agua caliente sanitaria, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

% $_{AS}$ : Porcentaje cubierto por energía solar de la demanda energética de agua caliente sanitaria, %.

$D_{ACS,nr}$ : Demanda energética de ACS cubierta por energías no renovables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

## 2.3.- Descripción de los sistemas de aporte del edificio.

	Tipo	Energía	$Cap_{n,C}$ (kW)	$Cap_{n,R}$ (kW)	$S_u$ (m <sup>2</sup> )	$C_{ef}$ (kWh/año)	$C_{ef}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·a))	$P_{mo}$ (W/m <sup>2</sup> )	REA	$K_e$	REA <sub>c</sub>
<b>Sistema 1</b> (Acumulación ACS: V = 180.0 l; T <sup>a</sup> : [60.0->80.0] °C; UA = 1.50 W/K)											
Equipo 1	ACS	Electricidad	1.9	--	140.83	381.6	2.7	0.3	2.78	3.1814	0.87
Equipo 2	C+R	Electricidad	2.6	2.6	140.83	185.5	1.3	0.9	4.33	3.1814	1.36
Equipo 3	C+R	Electricidad	4.5	4.5	140.83	319.6	2.3	1.5	4.33	3.1814	1.36
			9.0	7.1	<b>140.83</b>	<b>886.7</b>	<b>6.3</b>		<b>3.66</b>		<b>1.15</b>

donde:

Tipo: Servicios abastecidos por el equipo técnico (C=Calefacción, R=Refrigeración, ACS= Agua caliente sanitaria).

Energía: Vector energético principal utilizado por el equipo técnico.

$Cap_{n,C}$ : Capacidad calorífica nominal total del equipo técnico, kW.

$Cap_{n,R}$ : Capacidad frigorífica nominal total del equipo técnico, kW.



### Anexo-01.02: Consumo energético – Vivienda Passivhaus

- $S_u$ : Superficie útil habitable acondicionada asociada al equipo técnico,  $m^2$ .  
 $C_{ef}$ : Consumo energético total de energía en punto de consumo,  $kWh/(m^2 \cdot año)$ .  
 $P_{mo}$ : Potencia media operacional del equipo técnico,  $W/m^2$ .  
 $REA$ : Rendimiento estacional anual del equipo técnico.  
 $K_e$ : Coeficiente de emisiones del vector energético.  
 $REA_c$ : Rendimiento estacional anual corregido del equipo técnico.

## 2.4.- Factores de conversión de energía final a energía primaria utilizados.

Los factores de conversión de energía primaria procedente de fuentes no renovables, para cada vector energético utilizado en el edificio, se han obtenido del documento 'Factores de emisión de CO<sub>2</sub> y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en España', borrador propuesta de Documento Reconocido publicado por el IDAE con fecha 3/03/2014, conforme al apartado 4.2 de CTE DB HE 0.

Vector energético	$C_{ef,total}$		$f_{cep}$	$C_{ep,nr}$	
	( $kWh/año$ )	( $kWh/(m^2 \cdot a)$ )		( $kWh/año$ )	( $kWh/(m^2 \cdot a)$ )
Electricidad	886.7	6.3	1.954	1732.5	<b>12.3</b>

donde:

- $C_{ef,total}$ : Consumo energético total de energía en punto de consumo,  $kWh/(m^2 \cdot año)$ .  
 $f_{cep}$ : Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables.  
 $C_{ep,nr}$ : Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable,  $kWh/(m^2 \cdot año)$ .

## 2.5.- Procedimiento de cálculo del consumo energético.

El procedimiento de cálculo empleado tiene como objetivo determinar el consumo de energía primaria del edificio procedente de fuentes de energía no renovables. Para ello, se realiza una simulación anual por intervalos horarios de un modelo zonal del edificio, en la que, hora a hora, se realiza el cálculo de la distribución de las demandas energéticas a satisfacer en cada zona del modelo térmico, determinando, para cada equipo técnico, su punto de trabajo, la energía útil aportada, la energía final consumida, y la energía primaria equivalente, desglosando el consumo energético por equipo, sistema de aporte y vector energético utilizado.

La metodología cumple con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 0, al considerar los siguientes aspectos:

- el diseño, emplazamiento y orientación del edificio;
- la demanda energética de calefacción y refrigeración calculada conforme a los requisitos establecidos en CTE DB HE 1;
- la demanda energética de agua caliente sanitaria, calculada conforme a los requisitos establecidos en CTE DB HE 4;
- el dimensionado y los rendimientos operacionales de los equipos técnicos de producción y aporte de calor, frío y ACS;
- la distinción de los distintos vectores energéticos utilizados en el edificio, junto con los factores de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables;
- y la contribución de energías renovables producidas in situ o en las proximidades de la parcela del edificio.

**ANEXO 01.03: CUMPLIMIENTO RITE – VIVIENDA PASSIVHAUS****ÍNDICE:****1.- EXIGENCIAS TÉCNICAS****1.1.- Exigencia de bienestar e higiene**

- 1.1.1.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1
- 1.1.2.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del aire interior del apartado 1.4.2
- 1.1.3.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de higiene del apartado 1.4.3
- 1.1.4.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad acústica del apartado 1.4.4

**1.2.- Exigencia de eficiencia energética**

- 1.2.1.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío del apartado 1.2.4.1
- 1.2.2.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 1.2.4.2
- 1.2.3.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en el control de instalaciones térmicas del apartado 1.2.4.3
- 1.2.4.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía del apartado 1.2.4.5
- 1.2.5.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de aprovechamiento de energías renovables del apartado 1.2.4.6
- 1.2.6.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de limitación de la utilización de energía convencional del apartado 1.2.4.7
- 1.2.7.- Lista de los equipos consumidores de energía

**1.3.- Exigencia de seguridad**

- 1.3.1.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en generación de calor y frío del apartado 3.4.1.
- 1.3.2.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 3.4.2.
- 1.3.3.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de protección contra incendios del apartado 3.4.3.
- 1.3.4.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad y utilización del apartado 3.4.4.

## 1.- EXIGENCIAS TÉCNICAS

Las instalaciones térmicas del edificio objeto del presente proyecto han sido diseñadas y calculadas de forma que:

- Se obtiene una calidad térmica del ambiente, una calidad del aire interior y una calidad de la dotación de agua caliente sanitaria que son aceptables para los usuarios de la vivienda sin que se produzca menoscabo de la calidad acústica del ambiente, cumpliendo la exigencia de bienestar e higiene.
- Se reduce el consumo de energía convencional de las instalaciones térmicas y, como consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, cumpliendo la exigencia de eficiencia energética.
- Se previene y reduce a límites aceptables el riesgo de sufrir accidentes y siniestros capaces de producir daños o perjuicios a las personas, flora, fauna, bienes o al medio ambiente, así como de otros hechos susceptibles de producir en los usuarios molestias o enfermedades, cumpliendo la exigencia de seguridad.

### 1.1.- Exigencia de bienestar e higiene

#### 1.1.1.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1

La exigencia de calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionamiento de la instalación térmica. Por tanto, todos los parámetros que definen el bienestar térmico se mantienen dentro de los valores establecidos.

En la siguiente tabla aparecen los límites que cumplen en la zona ocupada.

Parámetros	Límite
Temperatura operativa en verano (°C)	$23 \leq T \leq 25$
Humedad relativa en verano (%)	$45 \leq HR \leq 60$
Temperatura operativa en invierno (°C)	$21 \leq T \leq 23$
Humedad relativa en invierno (%)	$40 \leq HR \leq 50$
Velocidad media admisible con difusión por mezcla (m/s)	$V \leq 0.14$

A continuación se muestran los valores de condiciones interiores de diseño utilizadas en el proyecto:

Referencia	Condiciones interiores de diseño		
	Temperatura de verano	Temperatura de invierno	Humedad relativa interior
Baño no calefactado	24	21	50
Cocina	24	21	50
Dormitorios	24	21	50
Estar - comedor	24	21	50
Pasillos o distribuidores	24	21	50

#### 1.1.2.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del aire interior del apartado 1.4.2

##### 1.1.2.1.- Categorías de calidad del aire interior

La instalación proyectada se incluye en un edificio de viviendas, por tanto se han considerado los requisitos de calidad de aire interior establecidos en la sección HS 3 del Código Técnico de la Edificación.

##### 1.1.2.2.- Caudal mínimo de aire exterior

El caudal mínimo de aire exterior de ventilación necesario se calcula según el método indirecto de caudal de aire exterior por persona y el método de caudal de aire por unidad de superficie, especificados en la instrucción técnica I.T.1.1.4.2.3.

Referencia	Caudales de ventilación		
	Por persona (m³/h)	Por unidad de superficie (m³/(h·m²))	Por recinto (m³/h)
Baño no calefactado		2.7	54.0
Cocina		7.2	
Dormitorios	18.0	2.7	
Estar - comedor		2.7	10.8
Pasillos o distribuidores		2.7	

La temperatura de preparación del agua caliente sanitaria se ha diseñado para que sea compatible con su uso, considerando las pérdidas de temperatura en la red de tuberías.

La instalación interior de ACS se ha dimensionado según las especificaciones establecidas en el Documento Básico HS-4 del Código Técnico de la Edificación.

La instalación térmica cumple con la exigencia básica HR Protección frente al ruido del CTE conforme a su documento básico.

### 1.2.1.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío del apartado 1.2.4.1

Las unidades de producción del proyecto utilizan energías convencionales ajustándose a la carga máxima simultánea de las instalaciones servidas considerando las ganancias o pérdidas de calor a través de las redes de tuberías de los fluidos portadores, así como el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de fluidos.

#### 1.2.1.2.1.- Cargas máximas simultáneas

A continuación se muestra el resumen de la carga máxima simultánea para cada uno de los conjuntos de recintos:

En el anexo aparece el cálculo de la carga térmica para cada uno de los recintos de la instalación.

Se muestran a continuación las demandas parciales por meses para cada uno de los conjuntos de recintos.

Refrigeración:

[illegible]

Calefacción:

Conjunto de recintos	Carga máxima simultánea por mes (kW)		
	Diciembre	Enero	Febrero
Vivienda TFM	1.12	1.12	1.12

**1.2.1.3.- Potencia térmica instalada**

En la siguiente tabla se resume el cálculo de la carga máxima simultánea, la pérdida de calor en las tuberías y el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de fluidos con la potencia instalada para cada conjunto de recintos.

Conjunto de recintos		P <sub>instalada</sub> (kW)	%q <sub>tub</sub>	%q <sub>equipos</sub>	Q <sub>ref</sub> (kW)	Total (kW)
Vivienda TFM		4.50	1.28	2.00	1.12	1.27
Abreviaturas utilizadas						
P <sub>instalada</sub>	Potencia instalada (kW)	%q <sub>equipos</sub>		Porcentaje del equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de fluidos respecto a la potencia instalada (%)		
%q <sub>tub</sub>	Porcentaje de pérdida de calor en tuberías para refrigeración respecto a la potencia instalada (%)	Q <sub>ref</sub>		Carga máxima simultánea de refrigeración (kW)		

Conjunto de recintos		P <sub>instalada</sub> (kW)	%q <sub>tub</sub>	%q <sub>equipos</sub>	Q <sub>cal</sub> (kW)	Total (kW)
Vivienda TFM		4.50	2.25	2.00	1.12	1.31
Abreviaturas utilizadas						
P <sub>instalada</sub>	Potencia instalada (kW)	%q <sub>equipos</sub>		Porcentaje del equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de fluidos respecto a la potencia instalada (%)		
%q <sub>tub</sub>	Porcentaje de pérdida de calor en tuberías para calefacción respecto a la potencia instalada (%)	Q <sub>cal</sub>		Carga máxima simultánea de calefacción (kW)		

La potencia instalada de los equipos es la siguiente:

Equipos	Potencia instalada de refrigeración (kW)	Potencia de refrigeración (kW)	Potencia instalada de calefacción (kW)	Potencia de calefacción (kW)
Tipo 1	4.50	1.12	4.50	1.12
<b>Total</b>	4.5	1.1	4.5	1.1

Equipos	Referencia
Tipo 1	Conjunto Genia 5/1 "SAUNIER DUVAL", para sistema Genia (sistema de calefacción, refrigeración y producción de A.C.S.), formado por bomba de calor reversible, aire-agua, Genia Air 5/1, potencia calorífica nominal de 4,5 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 7°C, temperatura de salida del agua: 35°C, salto térmico: 5°C), potencia frigorífica nominal de 4,5 kW (temperatura de entrada del aire: 35°C, temperatura de salida del agua: 18°C, salto térmico: 5°C), EER (calificación energética nominal) 3,7, COP (coeficiente energético nominal) 4,5, potencia sonora de 61 dBA, de 800x970x360 mm, peso 0 kg, alimentación monofásica a 230 V, con compresor rotativo, bomba de circulación de 2 velocidades, vaso de expansión de 2 l, presostato diferencial de caudal, filtro, manómetros, válvula de seguridad y purgador automático de aire, comunicación a dos hilos a través del protocolo Ebus, centralita de control Examaster, para integración de varios dispositivos comunicados a través del protocolo Ebus y vía radio con esquemas hidráulicos predefinidos, chequeo automático y parametrización paso a paso y sonda de captación de temperatura exterior vía radio

### 1.2.2.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 1.2.4.2

#### 1.2.2.1.- Aislamiento térmico en redes de tuberías

##### 1.2.2.1.1.- Introducción

El aislamiento de las tuberías se ha realizado según la I.T.1.2.4.2.1.1 'Procedimiento simplificado'. Este método define los espesores de aislamiento según la temperatura del fluido y el diámetro exterior de la tubería sin aislar. Las tablas 1.2.4.2.1 y 1.2.4.2.2 muestran el aislamiento mínimo para un material con conductividad de referencia a 10 °C de 0.040 W/(m·K).

El cálculo de la transmisión de calor en las tuberías se ha realizado según la norma UNE-EN ISO 12241.

##### 1.2.2.1.2.- Tuberías en contacto con el ambiente exterior

Se han considerado las siguientes condiciones exteriores para el cálculo de la pérdida de calor:

Temperatura seca exterior de verano: 29.4 °C

Temperatura seca exterior de invierno: 4.6 °C

Velocidad del viento: 5.9 m/s

A continuación se describen las tuberías en el ambiente exterior y los aislamientos empleados, además de las pérdidas por metro lineal y las pérdidas totales de calor.

Tubería	Ø	$\lambda_{\text{aisl.}}$ (W/(m·K))	$e_{\text{aisl.}}$ (mm)	$L_{\text{imp.}}$ (m)	$L_{\text{ret.}}$ (m)	$\Phi_{\text{m.ref.}}$ (kcal/(h·m))	$q_{\text{ref.}}$ (kcal/h)	$\Phi_{\text{m.cal.}}$ (kcal/(h·m))	$q_{\text{cal.}}$ (kcal/h)
Tipo 1	20 mm	0.037	25	3.96	3.87	3.90	30.5	7.42	58.2
						<b>Total</b>	<b>31</b>	<b>Total</b>	<b>58</b>

##### Abreviaturas utilizadas

Ø	Diámetro nominal	$\Phi_{\text{m.ref.}}$	Valor medio de las pérdidas de calor para refrigeración por unidad de longitud
$\lambda_{\text{aisl.}}$	Conductividad del aislamiento	$q_{\text{ref.}}$	Pérdidas de calor para refrigeración
$e_{\text{aisl.}}$	Espesor del aislamiento	$\Phi_{\text{m.cal.}}$	Valor medio de las pérdidas de calor para calefacción por unidad de longitud
$L_{\text{imp.}}$	Longitud de impulsión	$q_{\text{cal.}}$	Pérdidas de calor para calefacción
$L_{\text{ret.}}$	Longitud de retorno		

Tubería	Referencia
Tipo 1	Tubería de distribución de agua fría y caliente de climatización formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X), con barrera de oxígeno (EVOH), de 16 mm de diámetro exterior y 2 mm de espesor, PN=6 atm, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.

Para tener en cuenta la presencia de válvulas en el sistema de tuberías se ha añadido un 25 % al cálculo de la pérdida de calor.

##### 1.2.2.1.3.- Tuberías en contacto con el ambiente interior

Se han considerado las condiciones interiores de diseño en los recintos para el cálculo de las pérdidas en las tuberías especificados en la justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1.

A continuación se describen las tuberías en el ambiente interior y los aislamientos empleados, además de las pérdidas por metro lineal y las pérdidas totales de calor.

## Anexo-01.03: Cumplimiento R.I.T.E. – Vivienda Passivhaus

Tubería	Ø	$\lambda_{\text{aisl.}}$ (W/(m·K))	$e_{\text{aisl.}}$ (mm)	$L_{\text{imp.}}$ (m)	$L_{\text{ret.}}$ (m)	$\Phi_{\text{m.ref.}}$ (kcal/(h·m))	$q_{\text{ref.}}$ (kcal/h)	$\Phi_{\text{m.cal.}}$ (kcal/(h·m))	$q_{\text{cal.}}$ (kcal/h)
Tipo 2	20 mm	0.037	25	3.93	4.12	2.37	19.1	3.58	28.8
<b>Total</b>							<b>19</b>	<b>Total</b>	<b>29</b>

## Abreviaturas utilizadas

Ø	Diámetro nominal	$\Phi_{\text{m.ref.}}$	Valor medio de las pérdidas de calor para refrigeración por unidad de longitud
$\lambda_{\text{aisl.}}$	Conductividad del aislamiento	$q_{\text{ref.}}$	Pérdidas de calor para refrigeración
$e_{\text{aisl.}}$	Espesor del aislamiento	$\Phi_{\text{m.cal.}}$	Valor medio de las pérdidas de calor para calefacción por unidad de longitud
$L_{\text{imp.}}$	Longitud de impulsión	$q_{\text{cal.}}$	Pérdidas de calor para calefacción
$L_{\text{ret.}}$	Longitud de retorno		

Tubería	Referencia
Tipo 2	Tubería de distribución de agua fría y caliente de climatización formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X), con barrera de oxígeno (EVOH), de 16 mm de diámetro exterior y 2 mm de espesor, PN=6 atm, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica.

Para tener en cuenta la presencia de válvulas en el sistema de tuberías se ha añadido un 15 % al cálculo de la pérdida de calor.

**1.2.2.1.4.- Pérdida de calor en tuberías**

La potencia instalada de los equipos es la siguiente:

Equipos	Potencia de refrigeración (kW)	Potencia de calefacción (kW)
Tipo 1	4.50	4.50
<b>Total</b>	<b>4.50</b>	<b>4.50</b>

Equipos	Referencia
Tipo 1	Conjunto Genia 5/1 "SAUNIER DUVAL", para sistema Genia (sistema de calefacción, refrigeración y producción de A.C.S.), formado por bomba de calor reversible, aire-agua, Genia Air 5/1, potencia calorífica nominal de 4,5 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 7°C, temperatura de salida del agua: 35°C, salto térmico: 5°C), potencia frigorífica nominal de 4,5 kW (temperatura de entrada del aire: 35°C, temperatura de salida del agua: 18°C, salto térmico: 5°C), EER (calificación energética nominal) 3,7, COP (coeficiente energético nominal) 4,5, potencia sonora de 61 dBA, de 800x970x360 mm, peso 0 kg, alimentación monofásica a 230 V, con compresor rotativo, bomba de circulación de 2 velocidades, vaso de expansión de 2 l, presostato diferencial de caudal, filtro, manómetros, válvula de seguridad y purgador automático de aire, comunicación a dos hilos a través del protocolo Ebus, centralita de control Examaster, para integración de varios dispositivos comunicados a través del protocolo Ebus y vía radio con esquemas hidráulicos predefinidos, chequeo automático y parametrización paso a paso y sonda de captación de temperatura exterior vía radio

El porcentaje de pérdidas de calor en las tuberías de la instalación es el siguiente:

Refrigeración

Potencia de los equipos (kW)	$q_{\text{ref}}$ (kcal/h)	Pérdida de calor (%)
4.50	57.7	1.3

## Calefacción

Potencia de los equipos (kW)	q <sub>cal</sub> (kcal/h)	Pérdida de calor (%)
4.50	101.1	2.2

Por tanto la pérdida de calor en tuberías es inferior al 4.0 %.

**1.2.2.2.- Eficiencia energética de los equipos para el transporte de fluidos**

Se describe a continuación la potencia específica de los equipos de propulsión de fluidos y sus valores límite según la instrucción técnica I.T. 1.2.4.2.5.

Equipos	Sistema	Categoría	Categoría límite
Tipo 1 (Baño-2 - Planta 1)	Ventilación y extracción	SFP4	SFP2
Tipo 2 (Baño-2 - Planta 1)	Climatización	SFP1	SFP4

Equipos	Referencia
Tipo 1	Central de ventilación de doble flujo con recuperador de calor, montaje mural o en suelo, modelo DF Excellent 4 "SIBER", caudal máximo de 400 m³/h a 170 Pa, de 675x765x564 mm, ventiladores controlados electrónicamente para caudal constante, recuperación de calor de hasta el 95% con intercambiador a contracorriente y flujos cruzados, de material plástico, bypass automático para free-cooling, filtros tipo G3, sistema de protección antihielo y sensores de CO2, compatible con sistema geotérmico intercambiador de calor aire-tierra.
Tipo 2	Fancoil horizontal sin envolvente, con retorno horizontal, modelo Comfair HC 73 "LENNOX", sistema de dos tubos, potencia frigorífica total nominal de 4,69 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 19°C; temperatura de entrada del agua: 7°C, salto térmico: 5°C), potencia calorífica nominal de 4,94 kW (temperatura de entrada del aire: 20°C; temperatura de entrada del agua: 50°C), de 6 velocidades, caudal de agua nominal de 0,808 m³/h, caudal de aire nominal de 708 m³/h y potencia sonora nominal de 52 dBA, con válvula de tres vías con bypass (4 vías), modelo VMP47.10-1,6, "HIDROFIVE", con actuador

**1.2.2.3.- Eficiencia energética de los motores eléctricos**

Los motores eléctricos utilizados en la instalación quedan excluidos de la exigencia de rendimiento mínimo, según el punto 3 de la instrucción técnica I.T. 1.2.4.2.6.

**1.2.2.4.- Redes de tuberías**

El trazado de las tuberías se ha diseñado teniendo en cuenta el horario de funcionamiento de cada subsistema, la longitud hidráulica del circuito y el tipo de unidades terminales servidas.

**1.2.3.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en el control de instalaciones térmicas del apartado 1.2.4.3****1.2.3.1.- Generalidades**

La instalación térmica proyectada está dotada de los sistemas de control automático necesarios para que se puedan mantener en los recintos las condiciones de diseño previstas.

**1.2.3.2.- Control de las condiciones termohigrométricas**

El equipamiento mínimo de aparatos de control de las condiciones de temperatura y humedad relativa de los recintos, según las categorías descritas en la tabla 2.4.2.1, es el siguiente:



*Anexo-01.03: Cumplimiento R.I.T.E. – Vivienda Passivhaus*

## THM-C1:

Variación de la temperatura del fluido portador (agua-aire) en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.

Además, en los sistemas de calefacción por agua en viviendas se incluye una válvula termostática en cada una de las unidades terminales de los recintos principales.

## THM-C2:

Como THM-C1, más el control de la humedad relativa media o la del local más representativo.

## THM-C3:

Como THM-C1, más variación de la temperatura del fluido portador frío en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.

## THM-C4:

Como THM-C3, más control de la humedad relativa media o la del recinto más representativo.

## THM-C5:

Como THM-C3, más control de la humedad relativa en locales.

A continuación se describe el sistema de control empleado para cada conjunto de recintos:

Conjunto de recintos	Sistema de control
Vivienda TFM	THM-C3

**1.2.3.3.- Control de la calidad del aire interior en las instalaciones de climatización**

El control de la calidad de aire interior puede realizarse por uno de los métodos descritos en la tabla 2.4.3.2.

Categoría	Tipo	Descripción
IDA-C1		El sistema funciona continuamente
IDA-C2	Control manual	El sistema funciona manualmente, controlado por un interruptor
IDA-C3	Control por tiempo	El sistema funciona de acuerdo a un determinado horario
IDA-C4	Control por presencia	El sistema funciona por una señal de presencia
IDA-C5	Control por ocupación	El sistema funciona dependiendo del número de personas presentes
IDA-C6	Control directo	El sistema está controlado por sensores que miden parámetros de calidad del aire interior

Se ha empleado en el proyecto el método IDA-C1.

**1.2.4.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía del apartado 1.2.4.5****1.2.4.1.- Recuperación del aire exterior**

Se muestra a continuación la relación de recuperadores empleados en la instalación.

## Anexo-01.03: Cumplimiento R.I.T.E. – Vivienda Passivhaus

Tipo	N	Caudal (m <sup>3</sup> /h)	$\Delta P$ (mm.c.a.)	E (%)
Tipo 1	3000	350.0	2.7	85.0
Abreviaturas utilizadas				
Tipo	Tipo de recuperador		$\Delta P$	Presión disponible en el recuperador (mm.c.a.)
N	Número de horas de funcionamiento de la instalación		E	Eficiencia en calor sensible (%)
Caudal	Caudal de aire exterior (m <sup>3</sup> /h)			

Recuperador	Referencia
Tipo 1	Central de ventilación de doble flujo con recuperador de calor, montaje mural o en suelo, modelo DF Excellent 4 "SIBER", caudal máximo de 400 m <sup>3</sup> /h a 170 Pa, de 675x765x564 mm, ventiladores controlados electrónicamente para caudal constante, recuperación de calor de hasta el 95% con intercambiador a contracorriente y flujos cruzados, de material plástico, bypass automático para free-cooling, filtros tipo G3, sistema de protección antihielo y sensores de CO <sub>2</sub> , compatible con sistema geotérmico intercambiador de calor aire-tierra.

Los recuperadores seleccionados para la instalación cumplen con las exigencias descritas en la tabla 2.4.5.1.

**1.2.4.2.- Zonificación**

El diseño de la instalación ha sido realizado teniendo en cuenta la zonificación, para obtener un elevado bienestar y ahorro de energía. Los sistemas se han dividido en subsistemas, considerando los espacios interiores y su orientación, así como su uso, ocupación y horario de funcionamiento.

**1.2.5.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de aprovechamiento de energías renovables del apartado 1.2.4.6**

La instalación térmica destinada a la producción de agua caliente sanitaria cumple con la exigencia básica CTE HE 4 'Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria' mediante la justificación de su documento básico.

**1.2.6.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de limitación de la utilización de energía convencional del apartado 1.2.4.7**

Se enumeran los puntos para justificar el cumplimiento de esta exigencia:

- El sistema de calefacción empleado no es un sistema centralizado que utilice la energía eléctrica por "efecto Joule".
- No se ha climatizado ninguno de los recintos no habitables incluidos en el proyecto.
- No se realizan procesos sucesivos de enfriamiento y calentamiento, ni se produce la interacción de dos fluidos con temperatura de efectos opuestos.
- No se contempla en el proyecto el empleo de ningún combustible sólido de origen fósil en las instalaciones térmicas.

**1.2.7.- Lista de los equipos consumidores de energía**

Se incluye a continuación un resumen de todos los equipos proyectados, con su consumo de energía.

Enfriadoras y bombas de calor:

Equipos	Referencia
Tipo 1	Conjunto Genia 5/1 "SAUNIER DUVAL", para sistema Genia (sistema de calefacción, refrigeración y producción de A.C.S.), formado por bomba de calor reversible, aire-agua, Genia Air 5/1, potencia calorífica nominal de 4,5 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 7°C, temperatura de salida del agua: 35°C, salto térmico: 5°C), potencia frigorífica nominal de 4,5 kW (temperatura de entrada del aire: 35°C, temperatura de salida del agua: 18°C, salto térmico: 5°C), EER (calificación energética nominal) 3,7, COP (coeficiente energético nominal) 4,5, potencia sonora de 61 dBA, de 800x970x360 mm, peso 0 kg, alimentación monofásica a 230 V, con compresor rotativo, bomba de circulación de 2 velocidades, vaso de expansión de 2 l, presostato diferencial de caudal, filtro, manómetros, válvula de seguridad y purgador automático de aire, comunicación a dos hilos a través del protocolo Ebus, centralita de control Examaster, para integración de varios dispositivos comunicados a través del protocolo Ebus y vía radio con esquemas hidráulicos predefinidos, chequeo automático y parametrización paso a paso y sonda de captación de temperatura exterior vía radio

Equipos de transporte de fluidos:

Equipos	Referencia
Tipo 1	Central de ventilación de doble flujo con recuperador de calor, montaje mural o en suelo, modelo DF Excellent 4 "SIBER", caudal máximo de 400 m³/h a 170 Pa, de 675x765x564 mm, ventiladores controlados electrónicamente para caudal constante, recuperación de calor de hasta el 95% con intercambiador a contracorriente y flujos cruzados, de material plástico, bypass automático para free-cooling, filtros tipo G3, sistema de protección antihielo y sensores de CO2, compatible con sistema geotérmico intercambiador de calor aire-tierra.
Tipo 2	Fancoil horizontal sin envolvente, con retorno horizontal, modelo Comfair HC 73 "LENNOX", sistema de dos tubos, potencia frigorífica total nominal de 4,69 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 19°C; temperatura de entrada del agua: 7°C, salto térmico: 5°C), potencia calorífica nominal de 4,94 kW (temperatura de entrada del aire: 20°C; temperatura de entrada del agua: 50°C), de 6 velocidades, caudal de agua nominal de 0,808 m³/h, caudal de aire nominal de 708 m³/h y potencia sonora nominal de 52 dBA, con válvula de tres vías con bypass (4 vías), modelo VMP47.10-1,6, "HIDROFIVE", con actuador

### 1.3.- Exigencia de seguridad

#### 1.3.1.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en generación de calor y frío del apartado 3.4.1.

##### 1.3.1.1.- Condiciones generales

Los generadores de calor y frío utilizados en la instalación cumplen con lo establecido en la instrucción técnica 1.3.4.1.1 Condiciones generales del RITE.

##### 1.3.1.2.- Salas de máquinas

El ámbito de aplicación de las salas de máquinas, así como las características comunes de los locales destinados a las mismas, incluyendo sus dimensiones y ventilación, se ha dispuesto según la instrucción técnica 1.3.4.1.2 Salas de máquinas del RITE.

##### 1.3.1.3.- Chimeneas

La evacuación de los productos de la combustión de las instalaciones térmicas del edificio se realiza de acuerdo a la instrucción técnica 1.3.4.1.3 Chimeneas, así como su diseño y dimensionamiento y la posible evacuación por conducto con salida directa al exterior o al patio de ventilación.

**1.3.1.4.- Almacenamiento de biocombustibles sólidos**

No se ha seleccionado en la instalación ningún productor de calor que utilice biocombustible.

**1.3.2.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 3.4.2.****1.3.2.1.- Alimentación**

La alimentación de los circuitos cerrados de la instalación térmica se realiza mediante un dispositivo que sirve para reponer las pérdidas de agua.

El diámetro de la conexión de alimentación se ha dimensionado según la siguiente tabla:

Potencia térmica nominal (kW)	Calor	Frio
	DN (mm)	DN (mm)
$P \leq 70$	15	20
$70 < P \leq 150$	20	25
$150 < P \leq 400$	25	32
$400 < P$	32	40

**1.3.2.2.- Vaciado y purga**

Las redes de tuberías han sido diseñadas de tal manera que pueden vaciarse de forma parcial y total. El vaciado total se hace por el punto accesible más bajo de la instalación con un diámetro mínimo según la siguiente tabla:

Potencia térmica nominal (kW)	Calor DN (mm)	Frio DN (mm)
$P \leq 70$	20	25
$70 < P \leq 150$	25	32
$150 < P \leq 400$	32	40
$400 < P$	40	50

Los puntos altos de los circuitos están provistos de un dispositivo de purga de aire.

**1.3.2.3.- Expansión y circuito cerrado**

Los circuitos cerrados de agua de la instalación están equipados con un dispositivo de expansión de tipo cerrado, que permite absorber, sin dar lugar a esfuerzos mecánicos, el volumen de dilatación del fluido.

El diseño y el dimensionamiento de los sistemas de expansión y las válvulas de seguridad incluidos en la obra se han realizado según la norma UNE 100155.

**1.3.2.4.- Dilatación, golpe de ariete, filtración**

Las variaciones de longitud a las que están sometidas las tuberías debido a la variación de la temperatura han sido compensadas según el procedimiento establecido en la instrucción técnica 1.3.4.2.6 Dilatación del RITE.

La prevención de los efectos de los cambios de presión provocados por maniobras bruscas de algunos elementos del circuito se realiza conforme a la instrucción técnica 1.3.4.2.7 Golpe de ariete del RITE.

Cada circuito se protege mediante un filtro con las propiedades impuestas en la instrucción técnica 1.3.4.2.8 Filtración del RITE.

**1.3.2.5.- Conductos de aire**

El cálculo y el dimensionamiento de la red de conductos de la instalación, así como elementos complementarios (plenums, conexión de unidades terminales, pasillos, tratamiento de agua, unidades terminales) se ha realizado conforme a la instrucción técnica 1.3.4.2.10 Conductos de aire del RITE.

**1.3.3.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de protección contra incendios del apartado 3.4.3.**

Se cumple la reglamentación vigente sobre condiciones de protección contra incendios que es de aplicación a la instalación térmica.

**1.3.4.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad y utilización del apartado 3.4.4.**

Ninguna superficie con la que existe posibilidad de contacto accidental, salvo las superficies de los emisores de calor, tiene una temperatura mayor que 60 °C.

Las superficies calientes de las unidades terminales que son accesibles al usuario tienen una temperatura menor de 80 °C.

La accesibilidad a la instalación, la señalización y la medición de la misma se ha diseñado conforme a la instrucción técnica 1.3.4.4 Seguridad de utilización del RITE.

---

## **ANEXO 01.04: CARGAS TÉRMICAS – VIVIENDA PASSIVHAUS**

### **ÍNDICE:**

#### **1.- PARÁMETROS GENERALES**

#### **2.- RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE CÁLCULO DE LOS RECINTOS**

#### **3.- RESUMEN DE LOS RESULTADOS PARA CONJUNTOS DE RECINTOS**

## 1.- PARÁMETROS GENERALES

Emplazamiento: Alacant/Alicante

Latitud (grados): 38.35 grados

Altitud sobre el nivel del mar: 7 m

Percentil para verano: 5.0 %

Temperatura seca verano: 29.38 °C

Temperatura húmeda verano: 21.60 °C

Oscilación media diaria: 9.8 °C

Oscilación media anual: 29 °C

Percentil para invierno: 97.5 %

Temperatura seca en invierno: 4.60 °C

Humedad relativa en invierno: 90 %

Velocidad del viento: 5.9 m/s

Temperatura del terreno: 7.80 °C

Porcentaje de mayoración por la orientación N: 20 %

Porcentaje de mayoración por la orientación S: 0 %

Porcentaje de mayoración por la orientación E: 10 %

Porcentaje de mayoración por la orientación O: 10 %

Suplemento de intermitencia para calefacción: 5 %

Porcentaje de cargas debido a la propia instalación: 3 %

Porcentaje de mayoración de cargas (Invierno): 0 %

Porcentaje de mayoración de cargas (Verano): 0 %

## 2.- RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE CÁLCULO DE LOS RECINTOS

### Refrigeración

Conjunto: Vivienda TFM													
Recinto	Planta	Subtotales			Carga interna		Ventilación			Potencia térmica			
		Estructura l (kcal/h)	Sensible interior (kcal/h)	Total interior (kcal/h)	Sensible (kcal/h)	Total (kcal/h)	Caudal (m³/h)	Sensible (kcal/h)	Carga total (kcal/h)	Por superficie (kcal/(h·m²))	Sensible (kcal/h)	Máxima simultánea (kcal/h)	Máxima (kcal/h)
Estar-Comedor-Paso1	Planta baja	925.19	349.27	409.27	1312.69	1372.69	109.43	7.34	270.03	40.53	1320.03	1355.42	1642.71
Dormitorio-1	Planta baja	45.44	154.31	214.31	205.74	265.74	36.00	0.96	100.23	34.97	206.70	317.82	365.97
Dormitorio-2	Planta 1	63.50	160.61	220.61	230.83	290.83	36.00	0.96	100.23	32.70	231.79	334.96	391.07
Dormitorio-3	Planta 1	58.71	165.28	225.28	230.71	290.71	36.00	0.96	100.23	29.92	231.67	339.14	390.95
Dormitorio-Principal	Planta 1	88.27	185.98	245.98	282.48	342.48	48.54	1.29	135.15	26.57	283.77	468.01	477.63
Paso-2	Planta 1	132.43	476.75	506.75	627.46	657.46	48.81	4.95	141.46	44.19	632.40	793.71	798.91
<b>Total</b>							<b>314.8</b>	<b>Carga total simultánea</b>			<b>3609.1</b>		

### Calefacción

Conjunto: Vivienda TFM							
Recinto	Planta	Carga interna sensible (kcal/h)	Ventilación		Potencia		
			Caudal (m³/h)	Carga total (kcal/h)	Por superficie (kcal/(h·m²))	Máxima simultánea (kcal/h)	Máxima (kcal/h)
Estar-Comedor-Paso1	Planta baja	927.70	109.43	76.06	24.77	1003.76	1003.76
Dormitorio-1	Planta baja	302.45	36.00	25.02	31.30	327.47	327.47
Dormitorio-2	Planta 1	314.56	36.00	25.02	28.40	339.58	339.58
Dormitorio-3	Planta 1	380.86	36.00	25.02	31.06	405.88	405.88

## Anexo-01.04: Cargas térmicas – Vivienda Passivhaus

Conjunto: Vivienda TFM							
Recinto	Planta	Carga interna sensible (kcal/h)	Ventilación		Potencia		
			Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Carga total (kcal/h)	Por superficie (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))	Máxima simultánea (kcal/h)	Máxima (kcal/h)
Dormitorio-Principal	Planta 1	439.57	48.54	33.74	26.33	473.31	473.31
Paso-2	Planta 1	400.38	48.81	16.96	23.09	417.34	417.34
<b>Total</b>			<b>314.8</b>	<b>Carga total simultánea</b>		<b>2967.3</b>	

### 3.- RESUMEN DE LOS RESULTADOS PARA CONJUNTOS DE RECINTOS

Refrigeración		
Conjunto	Potencia por superficie (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))	Potencia total (kcal/h)
Vivienda TFM	25.6	3609.1

Calefacción		
Conjunto	Potencia por superficie (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))	Potencia total (kcal/h)
Vivienda TFM	21.1	2967.3



## **ANEXO 01.05: INSTALACIÓN ELÉCTRICA – VIVIENDA PASSIVHAUS**

### **ÍNDICE:**

#### **1.- DISTRIBUCIÓN DE FASES**

#### **2.- CÁLCULOS**

## 1.- DISTRIBUCIÓN DE FASES

La distribución de las fases se ha realizado de forma que la carga está lo más equilibrada posible.

CPM-1					
Planta	Esquema	P <sub>calc</sub> [W]	Potencia Eléctrica [W]		
			R	S	T
0	<b>CPM-1</b>	-	9200.0	-	-
0	(Cuadro de vivienda)	9200.0	9200.0	-	-

(Cuadro de vivienda)					
Nº de circuito	Tipo de circuito	Recinto	Potencia Eléctrica [W]		
			R	S	T
C1 (iluminación)	C1 (iluminación)	-	2300.0	-	-
C6 (iluminación)	C6 (iluminación)	-	1000.0	-	-
C2 (tomas)	C2 (tomas)	-	2900.0	-	-
C5 (baño y auxiliar de cocina)	C5 (baño y auxiliar de cocina)	-	1500.0	-	-
C3 (cocina/horno)	C3 (cocina/horno)	-	5400.0	-	-
C4 (lavadora, lavavajillas y termo eléctrico)	C4 (lavadora, lavavajillas y termo eléctrico)	-	3450.0	-	-
C7 (tomas)	C7 (tomas)	-	2900.0	-	-
C7(2) (tomas)	C7(2) (tomas)	-	1200.0	-	-
C10 (secadora)	C10 (secadora)	-	3450.0	-	-
C13 (Climatización)	C13 (Climatización)	-	3178.3	-	-

## 2.- CÁLCULOS

Los resultados obtenidos se resumen en las siguientes tablas:

### Derivaciones individuales

Datos de cálculo								
Planta	Esquema	P <sub>calc</sub> (kW)	Longitud (m)	Línea	I <sub>c</sub> (A)	I' <sub>z</sub> (A)	c.d.t (%)	c.d.t <sub>ac</sub> (%)
0	(Cuadro de vivienda)	9.20	12.90	ES07Z1-K (AS) 3G10	40.00	46.00	0.94	0.94

Descripción de las instalaciones							
Esquema	Línea	Tipo de instalación	I <sub>z</sub> (A)	F <sub>Cagrup</sub>	R <sub>inc</sub> (%)	I' <sub>z</sub> (A)	
(Cuadro de vivienda)	ES07Z1-K (AS) 3G10	Tubo superficial D=40 mm	46.00	1.00	-	46.00	

Sobrecarga y cortocircuito											
Esquema	Línea	I <sub>c</sub> (A)	Protecciones Fusible (A)	I <sub>2</sub> (A)	I <sub>z</sub> (A)	I <sub>cu</sub> (kA)	I <sub>ccc</sub> (kA)	I <sub>ccp</sub> (kA)	t <sub>iccp</sub> (s)	t <sub>ficcp</sub> (s)	L <sub>max</sub> (m)
(Cuadro de vivienda)	ES07Z1-K (AS) 3G10	40.00	40	64.00	46.00	100	12.000	2.457	0.22	0.04	244.65

### Instalación interior

#### Viviendas

En la entrada de cada vivienda se instalará el cuadro general de mando y protección, que contará con los siguientes dispositivos de protección:

Interruptor general automático de corte onipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos.

*Anexo-01.05: Instalación eléctrica – Vivienda Passivhaus*

Interruptor diferencial general, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, o varios interruptores diferenciales para la protección contra contactos indirectos de cada uno de los circuitos o grupos de circuitos en función del tipo o carácter de la instalación.

Interruptor automático de corte omnipolar, destinado a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de cada uno de los circuitos interiores.

La composición del cuadro y los circuitos interiores será la siguiente:

<b>Datos de cálculo de (Cuadro de vivienda)</b>							
Esquema (Cuadro de vivienda) Sub-grupo 1	P <sub>calc</sub> (kW)	Longitud (m)	Línea	I <sub>c</sub> (A)	I' <sub>z</sub> (A)	c.d.t (%)	c.d.t <sub>ac</sub> (%)
C1 (iluminación)	2.30	313.08	H07V-K 3G1.5	10.00	14.50	1.45	2.38
C2 (tomas)	3.45	56.15	H07V-K 3G2.5	15.00	20.00	0.80	1.74
C3 (cocina/horno)	5.40	3.91	H07V-K 3G6	24.71	34.00	0.27	1.21
C4 (lavadora, lavavajillas y termo eléctrico)	3.45	14.16	H07V-K 3G4	15.79	26.00	0.35	1.28
C5 (baño y auxiliar de cocina)	3.45	23.04	H07V-K 3G2.5	15.00	20.00	0.84	1.78
<b>Sub-grupo 2</b>							
C6 (iluminación)	1.00	38.12	H07V-K 3G1.5	4.35	14.50	0.53	1.46
C7 (tomas)	3.45	81.49	H07V-K 3G2.5	15.00	20.00	1.22	2.16
C10 (secadora)	3.45	4.20	H07V-K 3G2.5	15.79	20.00	0.45	1.39
C7(2) (tomas)	3.45	20.26	H07V-K 3G2.5	15.00	20.00	0.78	1.72
<b>Sub-grupo 3</b>							
C13 (Climatización)	3.18	25.41	H07V-K 3G2.5	15.06	20.00	0.75	1.69

<b>Descripción de las instalaciones</b>						
Esquema	Línea	Tipo de instalación	I <sub>z</sub> (A)	F <sub>Cagrup</sub>	R <sub>inc</sub> (%)	I' <sub>z</sub> (A)
C1 (iluminación)	H07V-K 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm	14.50	1.00	-	14.50
C2 (tomas)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	20.00	1.00	-	20.00
C3 (cocina/horno)	H07V-K 3G6	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=25 mm	34.00	1.00	-	34.00
C4 (lavadora, lavavajillas y termo eléctrico)	H07V-K 3G4	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	26.00	1.00	-	26.00
C5 (baño y auxiliar de cocina)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	20.00	1.00	-	20.00
C6 (iluminación)	H07V-K 3G1.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=16 mm	14.50	1.00	-	14.50
C7 (tomas)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	20.00	1.00	-	20.00
C10 (secadora)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	20.00	1.00	-	20.00

## Anexo-01.05: Instalación eléctrica – Vivienda Passivhaus

Descripción de las instalaciones						
Esquema	Línea	Tipo de instalación	$I_z$ (A)	$F_{cagrup}$	$R_{inc}$ (%)	$I'_z$ (A)
C7(2) (tomas)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	20.00	1.00	-	20.00
C13 (Climatización)	H07V-K 3G2.5	Tubo empotrado, en una pared de mampostería D=20 mm	20.00	1.00	-	20.00

Sobrecarga y cortocircuito ' (cuadro de vivienda) '										
Esquema	Línea	$I_c$ (A)	Protecciones ICP: In Guard: In Aut: In, curva Dif: In, sens, nº polos Telerruptor: In, nº polos	$I_2$ (A)	$I_z$ (A)	$I_{cu}$ (kA)	$I_{ccc}$ (kA)	$I_{ccp}$ (kA)	$t_{iccc}$ (s)	$t_{iccp}$ (s)
(Cuadro de vivienda)			ICP: 40 IGA: 40							
Sub-grupo 1			Dif: 40, 30, 2 polos							
C1 (iluminación)	H07V-K 3G1.5	10.00	Aut: 10 {C',B',D'}	14.50	14.50	6	4.933	0.518	0.05	0.11
C2 (tomas)	H07V-K 3G2.5	15.00	Aut: 16 {C',B',D'}	23.20	20.00	6	4.933	1.037	0.05	0.08
C3 (cocina/horno)	H07V-K 3G6	24.71	Aut: 25 {C',B',D'}	36.25	34.00	6	4.933	1.893	0.05	0.13
C4 (lavadora, lavavajillas y termo eléctrico)	H07V-K 3G4	15.79	Aut: 20 {C',B',D'}	29.00	26.00	6	4.933	1.532	0.05	0.09
C5 (baño y auxiliar de cocina)	H07V-K 3G2.5	15.00	Aut: 16 {C',B',D'}	23.20	20.00	6	4.933	1.006	0.05	0.08
Sub-grupo 2			Dif: 40, 30, 2 polos							
C6 (iluminación)	H07V-K 3G1.5	4.35	Aut: 10 {C',B',D'}	14.50	14.50	6	4.933	0.576	0.05	0.09
C7 (tomas)	H07V-K 3G2.5	15.00	Aut: 16 {C',B',D'}	23.20	20.00	6	4.933	0.794	0.05	0.13
C10 (secadora)	H07V-K 3G2.5	15.79	Aut: 16 {C',B',D'}	23.20	20.00	6	4.933	1.391	0.05	0.04
C7(2) (tomas)	H07V-K 3G2.5	15.00	Aut: 16 {C',B',D'}	23.20	20.00	6	4.933	1.048	0.05	0.08
Sub-grupo 3			Dif: 40, 30, 2 polos							
C13 (Climatización)	H07V-K 3G2.5	15.06	Aut: 16 {C',B',D'}	23.20	20.00	6	4.933	0.950	0.05	0.09

**Leyenda**

c.d.t caída de tensión (%)

c.d.t<sub>ac</sub> caída de tensión acumulada (%) $I_c$  intensidad de cálculo del circuito (A) $I_z$  intensidad máxima admisible del conductor en las condiciones de instalación (A) $F_{cagrup}$  factor de corrección por agrupamiento $R_{inc}$  porcentaje de reducción de la intensidad admisible por conductor en zona de riesgo de incendio o explosión (%) $I'_z$  intensidad máxima admisible corregida del conductor en las condiciones de instalación (A) $I_2$  intensidad de funcionamiento de la protección (A) $I_{cu}$  poder de corte de la protección (kA) $I_{ccc}$  intensidad de cortocircuito al inicio de la línea (kA) $I_{ccp}$  intensidad de cortocircuito al final de la línea (kA) $L_{max}$  longitud máxima de la línea protegida por el fusible a cortocircuito (A) $P_{calc}$  potencia de cálculo (kW) $t_{iccc}$  tiempo que el conductor soporta la intensidad de cortocircuito al inicio de la línea (s) $t_{iccp}$  tiempo que el conductor soporta la intensidad de cortocircuito al final de la línea (s) $t_{ficcp}$  tiempo de fusión del fusible para la intensidad de cortocircuito (s)

**ANEXO 01.06: PRESUPUESTO COMPONENTES – VIVIENDA PASSIVHAUS****Presupuesto parcial nº 1 Fachada**

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1	M <sup>2</sup>	Aislamiento térmico por el exterior de fachadas, con sistema ETICS, compuesto por: panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, de superficie lisa y mecanizado lateral recto, de color blanco, de 100 mm de espesor, fijado al soporte mediante mortero aplicado manualmente y fijaciones mecánicas con taco de expansión de polipropileno capa de regularización de mortero aplicado manualmente, armado con malla de fibra de vidrio, antiálcalis, de 5x4 mm de luz de malla, de 0,6 mm de espesor y de 160 g/m <sup>2</sup> de masa superficial; capa de acabado de mortero acrílico color blanco, sobre imprimación acrílica.			
		Total m <sup>2</sup> .....:	169,790	77,98	13.240,22
1.2	M <sup>2</sup>	Hoja exterior de cerramiento de fachada, de 11,5 cm de espesor de fábrica, de ladrillo cerámico hueco triple, para revestir, 24x11,5x11,5 cm, recibida con mortero de cemento industrial, color gris, M-5, suministrado a granel; revestimiento de los frentes de forjado con piezas cerámicas, colocadas con mortero de alta adherencia, formación de dinteles mediante obra de fábrica con armadura de acero corrugado.			
		Total m <sup>2</sup> .....:	169,790	30,39	5.159,92
1.3	M <sup>2</sup>	Tendido de yeso de construcción B1 a buena vista, sobre paramento vertical, de hasta 3 m de altura, previa colocación de malla antiálcalis en cambios de material.			
		Total m <sup>2</sup> .....:	169,790	9,76	1.657,15
1.4	M <sup>2</sup>	Pintura plástica con textura lisa, color blanco, acabado mate, sobre paramentos horizontales y verticales interiores de yeso o escayola, mano de fondo con imprimación a base de copolímeros acrílicos en suspensión acuosa y dos manos de acabado con pintura plástica (rendimiento: 0,187 l/m <sup>2</sup> cada mano).			
		Total m <sup>2</sup> .....:	169,790	4,45	755,57
<b>Total presupuesto parcial nº 1 Fachada :</b>					<b>20.812,86</b>

## Presupuesto parcial nº 2 Sistema de ventilación y climatización

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
2.1	Ud	Suministro e instalación de regulación y control centralizado, formado por: controlador de fancoil (FCC), configurado como maestro; sonda de temperatura para impulsión para aire primario; termostato de ambiente (RU) multifuncional. Totalmente montado, conexionado y puesto en marcha por la empresa instaladora para la comprobación de su correcto funcionamiento.			
		Total Ud .....:	1,000	305,03	305,03
2.2	Ud	Suministro e instalación de fancoil horizontal sin envolvente, con retorno horizontal, modelo Comfair HC 73 "LENNOX", sistema de dos tubos, potencia frigorífica total nominal de 4,69 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 19°C; temperatura de entrada del agua: 7°C, salto térmico: 5°C), potencia calorífica nominal de 4,94 kW (temperatura de entrada del aire: 20°C; temperatura de entrada del agua: 50°C), de 6 velocidades, caudal de agua nominal de 0,808 m³/h, caudal de aire nominal de 708 m³/h y potencia sonora nominal de 52 dBA, con válvula de tres vías con bypass (4 vías), modelo VMP47.10-1,6, "HIDROFIVE", con actuador. Totalmente montado, conexionado y puesto en marcha por la empresa instaladora para la comprobación de su correcto funcionamiento.			
		Total Ud .....:	1,000	820,96	820,96
2.3	M2	Formación de conducto rectangular para la distribución de aire climatizado formado por panel rígido de alta densidad de lana de vidrio según UNE-EN 13162, revestido por sus dos caras, la exterior con un complejo de aluminio visto + malla de fibra de vidrio + kraft y la interior con un velo de vidrio, de 25 mm de espesor, resistencia térmica 0,75 m²K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK). Incluso p/p de cortes, codos y derivaciones, embocaduras, soportes metálicos galvanizados, elementos de fijación, sellado de tramos y uniones con cinta autoadhesiva de aluminio, accesorios de montaje, piezas especiales, limpieza y retirada de los materiales sobrantes a contenedor. Totalmente montado, conexionado y probado.			
		Total m2 .....:	38,290	36,16	1.384,57
2.4	Ud	Suministro y montaje de rejilla de impulsión, de aluminio extruido, anodizado color natural E6-C-0, con lamas horizontales regulables individualmente, de 225x125 mm, con parte posterior de chapa de acero pintada en color negro RAL 9005, formada por lamas verticales regulables individualmente y mecanismo de regulación del caudal con lamas acopladas en oposición, accionables desde la parte frontal, fijación mediante tornillos vistos (con marco de montaje de chapa de acero galvanizado), montada en conducto rectangular no metálico. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación. Totalmente montada.			
		Total Ud .....:	9,000	57,35	516,15
2.5	Ud	Suministro y montaje de rejilla de retorno, de aluminio extruido, anodizado color natural E6-C-0, con lamas horizontales regulables individualmente, de 225x125 mm, fijación mediante tornillos vistos (con marco de montaje de chapa de acero galvanizado), montada en conducto rectangular no metálico. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación. Totalmente montada.			
		Total Ud .....:	4,000	32,88	131,52
2.6	Ud	Suministro y montaje de rejilla de intemperie para instalaciones de ventilación, marco frontal y lamas de perfiles de aluminio, de 400x330 mm, tela metálica de acero galvanizado con malla de 20x20 mm. Incluso accesorios de montaje y elementos de fijación. Totalmente montada y conectada a la red de conductos.			
		Total Ud .....:	2,000	108,02	216,04
2.7	Ud	Suministro e instalación de punto de llenado de red de distribución de agua, para sistema de climatización, formado por 2 m de tubo de polietileno reticulado (PE-X), con barrera de oxígeno (EVOH), de 16 mm de diámetro exterior y 2 mm de espesor, PN=6 atm, suministrado en rollos, colocado superficialmente, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica, válvulas de corte, filtro retenedor de residuos, contador de agua y válvula de retención. Incluso p/p de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montado, conexionado y probado por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).			
		Total Ud .....:	1,000	98,05	98,05
2.8	Ud	Suministro e instalación de tubería de distribución de agua fría y caliente de climatización formada por tubo de polietileno reticulado (PE-X), con barrera de oxígeno (EVOH), de 32 mm de diámetro exterior y 2,9 mm de espesor, PN=6 atm, suministrado en rollos, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante coquilla flexible de espuma elastomérica. Incluso p/p de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montada, conexionada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).			
		Total Ud .....:	15,870	23,47	372,47

**Presupuesto parcial nº 2 Sistema de ventilación y climatización**

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
2.9	Ud	Suministro e instalación de punto de vaciado de red de distribución de agua, para sistema de climatización, formado por 2 m de tubo de polietileno reticulado (PE-X), con barrera de oxígeno (EVOH), de 25 mm de diámetro exterior y 2,3 mm de espesor, PN=6 atm, suministrado en rollos, colocado superficialmente y válvula de corte. Incluso p/p de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montado, conexionado y probado por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).			
		Total Ud .....:	3,000	25,72	77,16
2.10	Ud	Suministro e instalación de purgador automático de aire con boya y rosca de 1/2" de diámetro, cuerpo y tapa de latón, para una presión máxima de trabajo de 6 bar y una temperatura máxima de 110°C; incluso elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montado, conexionado y probado.			
		Total Ud .....:	2,000	11,48	22,96
2.11	Ud	Suministro e instalación bomba de calor reversible Genia 5/1 "SAUNIER DUVAL", aire-agua, Genia Air 5/1, potencia calorífica nominal de 4,5 kW (temperatura húmeda de entrada del aire: 7°C, temperatura de salida del agua: 35°C, salto térmico: 5°C), potencia frigorífica nominal de 4,5 kW (temperatura de entrada del aire: 35°C, temperatura de salida del agua: 18°C, salto térmico: 5°C), potencia sonora de 61 dBA, de 800x970x360 mm, alimentación monofásica a 230 V, con compresor rotativo, bomba de circulación de 2 velocidades, vaso de expansión de 2 l, presostato diferencial de caudal, filtro, manómetros, válvula de seguridad y purgador automático de aire, comunicación a dos hilos a través del protocolo Ebus, centralita de control Examaster, para integración de varios dispositivos comunicados a través del protocolo Ebus y vía radio con esquemas hidráulicos predefinidos, chequeo automático y parametrización paso a paso y sonda de captación de temperatura exterior vía radio, incluso termostato-programador de ambiente, programación semanal y gestión de ausencias, Exacontrol E7RCSh, termómetros, para instalación en exterior. Totalmente montada, conexionada y puesta en marcha por la empresa instaladora para la comprobación de su correcto funcionamiento.			
		Total Ud .....:	1,000	3.510,48	3.510,48
2.12	Ud	Central de ventilación de doble flujo con recuperador de calor, montaje mural o en suelo, modelo DF Excellent 4 "SIBER", caudal máximo de 400 m³/h a 170 Pa, de 675x765x564 mm, ventiladores controlados electrónicamente para caudal constante, recuperación de calor de hasta el 95% con intercambiador a contracorriente y flujos cruzados, de material plástico, bypass automático para free-cooling, filtros tipo G3, sistema de protección antihielo y sensores de CO2, compatible con sistema geotérmico intercambiador de calor aire-tierra.			
		Total Ud .....:	1,000	3.090,00	3.090,00
<b>Total presupuesto parcial nº 2 Sistema de ventilación y climatización :</b>					<b>10.545,39</b>

## Presupuesto parcial nº 3 Carpintería

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
3.1	Ud	C1-Carpintería de aluminio (Clase-4, U=1.2), anodizado natural, para conformado de puerta abisagrada plegable de apertura hacia el exterior "CORTIZO", de 275x265 cm, sistema Cor-70 Hoja Oculta CC 16 Canal Cortizo, "CORTIZO", formada por tres hojas, con perfilera provista de rotura de puente térmico, y con premarco.			
		Total Ud .....:	2,000	762,75	1.525,50
3.2	Ud	C2-Carpintería de aluminio (Clase-4, U=1.2), anodizado natural, para conformado de fijo "CORTIZO", de 185x265 cm, sistema Cor-70 Hoja Oculta CC 16 Canal Cortizo, "CORTIZO", formada por una hoja, con perfilera provista de rotura de puente térmico, y con premarco.			
		Total Ud .....:	1,000	557,10	557,10
3.3	Ud	C3-Carpintería de aluminio (Clase-4, U=1.2), anodizado natural, para conformado de fijo "CORTIZO" de 75x250 cm, sistema Cor-70 Hoja Oculta CC 16 Canal Cortizo, "CORTIZO", formada por una hoja, con perfilera provista de rotura de puente térmico, y con premarco.			
		Total Ud .....:	1,000	350,90	350,90
3.4	Ud	C4-Carpintería de aluminio (Clase-4, U=1.2), anodizado natural, para conformado de cristalera con una hoja oscilobatiente "CORTIZO", de 175x250 cm, sistema Cor-70 Hoja Oculta CC 16 Canal Cortizo, "CORTIZO", formada por dos hojas, con perfilera provista de rotura de puente térmico, y con premarco.			
		Total Ud .....:	3,000	687,78	2.063,34
3.5	Ud	C5-Carpintería de aluminio (Clase-4, U=1.2), anodizado natural, para conformado de puerta abisagrada practicable de apertura hacia el exterior "CORTIZO", de 175x220 cm, sistema Cor-70 Hoja Oculta CC 16 Canal Cortizo, "CORTIZO", formada por dos hojas, con perfilera provista de rotura de puente térmico, y con premarco.			
		Total Ud .....:	2,000	512,65	1.025,30
3.6	Ud	Carpintería de aluminio, anodizado natural, para conformado de fijo "CORTIZO" de 145x50 cm, sistema Cor-70 Hoja Oculta CC 16 Canal Cortizo, "CORTIZO", formada por una hoja, con perfilera provista de rotura de puente térmico, y con premarco.			
		Total Ud .....:	1,000	262,26	262,26
3.7	Ud	C7-Carpintería de aluminio (Clase-4, U=1.2), anodizado natural, para conformado de ventana corredera simple "CORTIZO", de 150x50 cm, sistema 4500 (elevable) "CORTIZO", formada por dos hojas, con perfilera provista de rotura de puente térmico, y con premarco.			
		Total Ud .....:	2,000	390,96	781,92
3.8	Ud	C8-Carpintería de aluminio (Clase-4, U=1.2), anodizado natural, para conformado de ventana corredera simple "CORTIZO", de 175x120 cm, sistema Cor-Vision CC "CORTIZO", formada por dos hojas, con perfilera provista de rotura de puente térmico, y con premarco.			
		Total Ud .....:	2,000	421,31	842,62
3.9	Ud	C9-Carpintería de aluminio (Clase-4, U=1.2), anodizado natural, para conformado de puerta balconera corredera simple "CORTIZO", de 260x70 cm, sistema Cor-Vision CC "CORTIZO", formada por dos hojas, con perfilera provista de rotura de puente térmico, y con premarco.			
		Total Ud .....:	1,000	581,48	581,48
3.10	Ud	C10-Carpintería de aluminio (Clase-4, U=1.2), anodizado natural, para conformado de ventana abisagrada oscilobatiente de apertura hacia el interior "CORTIZO", de 85x50 cm, sistema Cor-70 Hoja Oculta CC 16 Canal Cortizo, "CORTIZO", formada por una hoja, con perfilera provista de rotura de puente térmico, y con premarco.			
		Total Ud .....:	1,000	300,92	300,92
3.11	Ud	C11-Carpintería de aluminio (Clase-4, U=1.2), anodizado natural, para conformado de puerta balconera abisagrada practicable de apertura hacia el interior "CORTIZO", de 170x230 cm, sistema Cor-60 Hoja Oculta Canal Europeo, "CORTIZO", formada por dos hojas, con perfilera provista de rotura de puente térmico, y con premarco.			
		Total Ud .....:	1,000	510,82	510,82
Total presupuesto parcial nº 3 Carpintería :					8.802,16



Nº	Ud	Descripción	Medición				Precio	Importe
4.1	M²	Vidrios Sur (U=1.1W/m2K, g=0.18): Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/14/8 LOW.S, fijado sobre carpintería con calzos y sellado continuo.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
C1			2	2,750		2,650	14,575	
C2			1	1,850		2,650	4,903	
C9			1	2,600		0,700	1,820	
C11			1	1,700		2,300	3,910	
							25,208	25,208
Total m² .....:					25,208		155,94	3.930,94
4.2	M²	Vidrios Norte, Este y Oeste (U=1.1W/m2K, g=0.15: Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/14/8 LOW.S, fijado sobre carpintería con calzos y sellado continuo.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
C3			1	0,750		2,500	1,875	
C4			3	1,750		2,500	13,125	
C5			2	1,750		2,200	7,700	
C6			1	1,450		0,500	0,725	
C7			2	1,500		0,500	1,500	
C8			2	1,750		1,200	4,200	
C10			1	0,850		0,500	0,425	
							29,550	29,550
Total m² .....:					29,550		136,04	4.019,98
Total presupuesto parcial nº 4 Vidrios :								7.950,92

**Presupuesto parcial nº 5 Producción de ACS**

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
5.1	Ud	Bomba de calor para ACS, modelo AQ180 de Aquaria, volumen de acumulación de 180l, compacta.			
		Total Ud .....:	1,000	1.200,00	1.200,00
5.2	Ud	Instalación de bomba de calor para ACS. Perfectamente montada, conexionada y probada.			
		Total Ud .....:	1,000	250,00	250,00
		Total presupuesto parcial nº 5 Producción de ACS :			1.450,00

**Presupuesto parcial nº 6 Sistema energía fotovoltaica**

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
6.1	Ud	Kit solar 5000VA 48V: Sistema fotovoltaico autónomo, con potencia nominal de 5000VA, 3720W en paneles (producción de 5800 kWh/año, 15,8 kWh/día de media, 20 en verano y 10,5 en invierno) y banco de baterías de 48V de descarga profunda con 27,6 kWh de capacidad (13,8 kWh útiles). Función Power Assist para complementar con potencia de red. Comunicaciones avanzadas incluidas via App o Cloud en Internet. Compuesto por: 1 Multi Inversor/Cargador senoidal Phoenix MultiPlus 48/5000/70-50 12 Módulos solar Amerisolar 310W 72 células 35V Poli 4 Batería 12V TAB-VESNA 5 TOPzS 442 2V 575Ah C100 traslúcido 2 Estructura soporte cubierta plana 35º 6 módulos verticales 1 Victron Color Control GX 1 Monitor de baterías Victron BMV-700 ( 9-90 vdc) 1 Regulador BlueSolar MPPT 150/70 Tr (12/24/48V - 70A)			
		Total Ud .....:	1,000	9.270,00	9.270,00
6.2	Ud	Instalación completa de Kit solar. Perfectamente montado, conexionado y probado.			
		Total Ud .....:	1,000	1.500,00	1.500,00
Total presupuesto parcial nº 6 Sistema energía fotovoltaica :					10.770,00

**Presupuesto parcial nº 7 Test Blower Door**

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
7.1	Ud	Ensayo Blower Door, para medir el volumen de infiltraciones de aire, en vivienda unifamiliar de entre 100 y 150 m² de superficie útil, una vez finalizada la obra, método A según UNE-EN 13829. Incluso montaje y desmontaje del ventilador Blower Door en la puerta exterior de la vivienda con una altura de hasta 250 cm y una anchura de hasta 125 cm.			
		Total Ud .....:	1,000	416,00	416,00
7.2	Ud	Informe de resultados del ensayo Blower Door, en vivienda unifamiliar de entre 100 y 150 m² de superficie útil, una vez finalizada la obra, incluyendo los valores "q50" y "n50" solicitados por el programa CE3X para el cálculo de la calificación energética de la vivienda.			
		Total Ud .....:	1,000	156,06	156,06
<b>Total presupuesto parcial nº 7 Test Blower Door :</b>					<b>572,06</b>

**Presupuesto parcial nº 8 Ingeniería**

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
8.1	Ud	Ingeniería.			
Total Ud .....:			1,000	3.500,00	3.500,00
Total presupuesto parcial nº 8 Ingeniería :					3.500,00

*Anexo-01.06: Presupuesto componentes – Vivienda Passivhaus***Presupuesto parcial nº 9 Certificación Passivhaus**

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
9.1	Ud	Certificación Passivhaus			
Total Ud .....:			1,000	5.000,00	5.000,00
Total presupuesto parcial nº 9 Certificación Passivhaus :					5.000,00

## Presupuesto de ejecución material

<b>1 Fachada</b>	<b>20.812,86</b>
<b>2 Sistema de ventilación y climatización</b>	<b>10.545,39</b>
<b>3 Carpintería</b>	<b>8.802,16</b>
<b>4 Vidrios</b>	<b>7.950,92</b>
<b>5 Producción de ACS</b>	<b>1.450,00</b>
<b>6 Sistema energía fotovoltaica</b>	<b>10.770,00</b>
<b>7 Test Blower Door</b>	<b>572,06</b>
<b>8 Ingeniería</b>	<b>3.500,00</b>
<b>9 Certificación Passivhaus</b>	<b>5.000,00</b>
<b>Total .....:</b>	<b>69.403,39</b>

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de **SESENTA Y NUEVE MIL CUATROCIENTOS TRES EUROS CON TREINTA Y NUEVE CÉNTIMOS**.





## **Anexo - 02: JUSTIFICACIONES DE LA VIVIENDA CTE**

## **ANEXO 02.01: DEMANDA ENERGÉTICA – VIVIENDA CTE**

### **ÍNDICE:**

#### **1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.**

##### **1.1.- Demanda energética anual por superficie útil.**

##### **1.2.- Resumen del cálculo de la demanda energética.**

##### **1.3.- Resultados mensuales.**

1.3.1.- Balance energético anual del edificio.

1.3.2.- Demanda energética mensual de calefacción y refrigeración.

1.3.3.- Evolución de la temperatura.

#### **2.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.**

##### **2.1.- Zonificación climática**

##### **2.2.- Zonificación del edificio, perfil de uso y nivel de acondicionamiento.**

2.2.1.- Agrupaciones de recintos.

2.2.2.- Perfiles de uso utilizados.

##### **2.3.- Descripción geométrica y constructiva del modelo de cálculo.**

2.3.1.- Composición constructiva. Elementos constructivos pesados.

2.3.2.- Composición constructiva. Elementos constructivos ligeros.

2.3.3.- Composición constructiva. Puentes térmicos.

##### **2.4.- Procedimiento de cálculo de la demanda energética.**

## 1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DE DEMANDA ENERGÉTICA.

### 1.1.- Demanda energética anual por superficie útil.

$$D_{cal,edificio} = 14.23 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{cal,lim} = D_{cal,base} + F_{cal,sup}/S = 15.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$D_{cal,edificio}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{cal,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{cal,base}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 15 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{cal,sup}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 0.

$S$ : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 134.41 m<sup>2</sup>.

$$D_{ref,edificio} = 19.28 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq D_{ref,lim} = 20.0 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$D_{ref,edificio}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

### 1.2.- Resumen del cálculo de la demanda energética.

La siguiente tabla es un resumen de los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

Zonas habitables	$S_u$ (m <sup>2</sup> )	$D_{cal}$ (kWh/año)	$D_{cal}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·a))	$D_{cal,base}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))	$F_{cal,sup}$	$D_{cal,lim}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))	$D_{ref}$ (kWh/año)	$D_{ref}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·a))	$D_{ref,lim}$ (kWh/(m <sup>2</sup> ·año))
Vivienda unifamiliar	134.41	1912.8	14.2	15	0	15.0	2591.1	19.3	20.0
	<b>134.41</b>	1912.8	<b>14.2</b>	15	0	<b>15.0</b>	2591.1	<b>19.3</b>	<b>20.0</b>

donde:

$S_u$ : Superficie útil de la zona habitable, m<sup>2</sup>.

$D_{cal}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{cal,base}$ : Valor base de la demanda energética de calefacción, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 15 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{cal,sup}$ : Factor corrector por superficie de la demanda energética de calefacción, (tabla 2.1, CTE DB HE 1), 0.

$D_{cal,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de calefacción, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

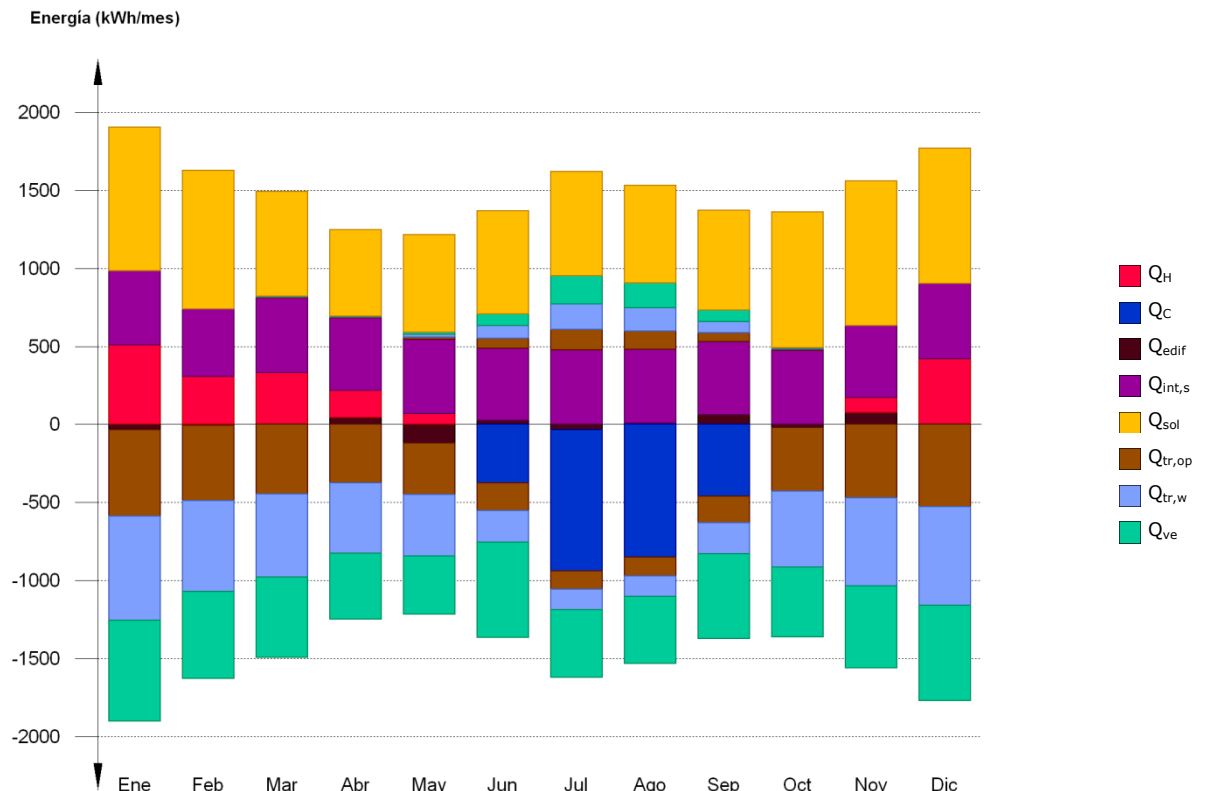
$D_{ref,lim}$ : Valor límite de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

### 1.3.- Resultados mensuales.

#### 1.3.1.- Balance energético anual del edificio.

La siguiente gráfica de barras muestra el balance energético del edificio mes a mes, contabilizando la energía perdida o ganada por transmisión térmica al exterior a través de elementos pesados y ligeros ( $Q_{tr,op}$  y  $Q_{tr,wr}$ , respectivamente), la energía intercambiada por ventilación ( $Q_{ve}$ ), la ganancia interna sensible neta ( $Q_{int,s}$ ), la ganancia solar neta ( $Q_{sol}$ ), el calor cedido o almacenado en la masa térmica del edificio ( $Q_{edif}$ ), y el aporte necesario de calefacción ( $Q_H$ ) y refrigeración ( $Q_C$ ).

## Anexo-02.01: Demanda energética – Vivienda CTE



En la siguiente tabla se muestran los valores numéricos correspondientes a la gráfica anterior, del balance energético del edificio completo, como suma de las energías involucradas en el balance energético de cada una de las zonas térmicas que conforman el modelo de cálculo del edificio.

El criterio de signos adoptado consiste en emplear valores positivos para energías aportadas a la zona de cálculo, y negativos para la energía extraída.

	Ene (kWh)	Feb (kWh)	Mar (kWh)	Abr (kWh)	May (kWh)	Jun (kWh)	Jul (kWh)	Ago (kWh)	Sep (kWh)	Oct (kWh)	Nov (kWh)	Dic (kWh)	Año  (kWh /año)      (kWh/ (m²·a))	
Balance energético anual del edificio.														
Q <sub>tr,op</sub>	-- -553.4	0.1 -483.9	4.8 -444.8	4.0 -375.4	15.4 -330.1	65.7 -178.2	130.3 -117.6	118.3 -117.9	57.7 -172.8	5.4 -408.2	0.2 -471.8	-- -526.6	-3779.0	-28.1
Q <sub>tr,w</sub>	-- -667.4	0.0 -581.2	4.8 -534.9	4.0 -450.1	16.4 -394.5	79.1 -202.5	163.8 -132.9	149.0 -133.3	71.5 -197.7	5.6 -486.6	0.1 -563.3	-- -634.0	-4484.0	-33.4
Q <sub>ve</sub>	-- -646.9	-- -558.5	3.5 -512.8	2.9 -423.9	12.6 -370.0	77.1 -612.9	182.4 -431.1	159.8 -427.4	74.3 -542.2	4.2 -446.0	0.0 -525.6	-- -610.3	-5590.7	-41.6
Q <sub>int,s</sub>	478.7 -4.1	434.6 -3.8	481.6 -4.2	466.9 -4.0	478.7 -4.1	466.9 -4.0	481.6 -4.2	478.7 -4.1	469.8 -4.1	478.7 -4.1	464.0 -4.0	484.5 -4.2	5615.9	41.8
Q <sub>sol</sub>	934.7 -16.2	905.9 -15.7	681.4 -11.8	566.2 -9.8	637.2 -11.0	669.4 -11.6	678.2 -11.8	633.7 -11.0	650.8 -11.3	886.9 -15.4	944.7 -16.4	884.3 -15.3	8916.0	66.3
Q <sub>edif</sub>	-35.4	-5.8	-0.2	44.4	-120.7	24.7	-33.0	6.8	63.1	-21.0	75.3	1.8		
Q <sub>H</sub>	510.1	308.3	332.6	174.7	70.1	--	--	--	--	0.5	96.7	419.8	1912.8	14.2
Q <sub>C</sub>	--	--	--	--	--	-373.5	-905.9	-852.5	-459.2	--	--	--	-2591.1	-19.3
Q <sub>HC</sub>	510.1	308.3	332.6	174.7	70.1	373.5	905.9	852.5	459.2	0.5	96.7	419.8	4503.9	33.5

donde:

Q<sub>tr,op</sub>: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos pesados en contacto con el exterior, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

Q<sub>tr,w</sub>: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica a través de elementos ligeros en contacto con el exterior, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

Q<sub>ve</sub>: Transferencia de calor correspondiente a la transmisión térmica por ventilación, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

Q<sub>int,s</sub>: Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor interna sensible, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

Q<sub>sol</sub>: Transferencia de calor correspondiente a la ganancia de calor solar, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

Q<sub>edif</sub>: Transferencia de calor correspondiente al almacenamiento o cesión de calor por parte de la masa térmica del edificio, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

Q<sub>H</sub>: Energía aportada de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

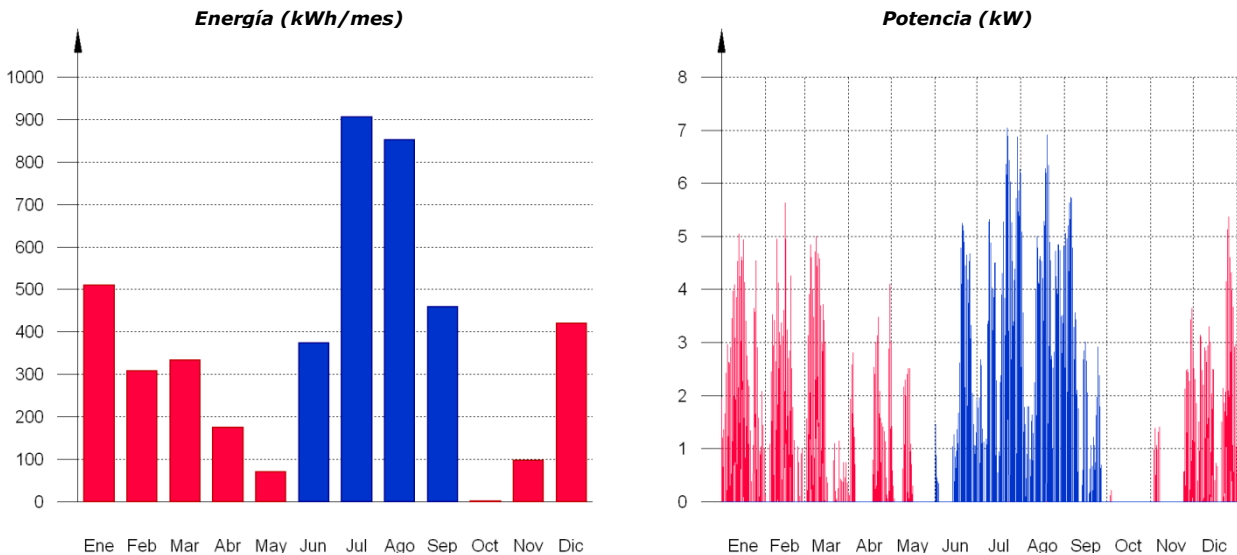
Anexo-02.01: Demanda energética – Vivienda CTE

$Q_C$ : Energía aportada de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

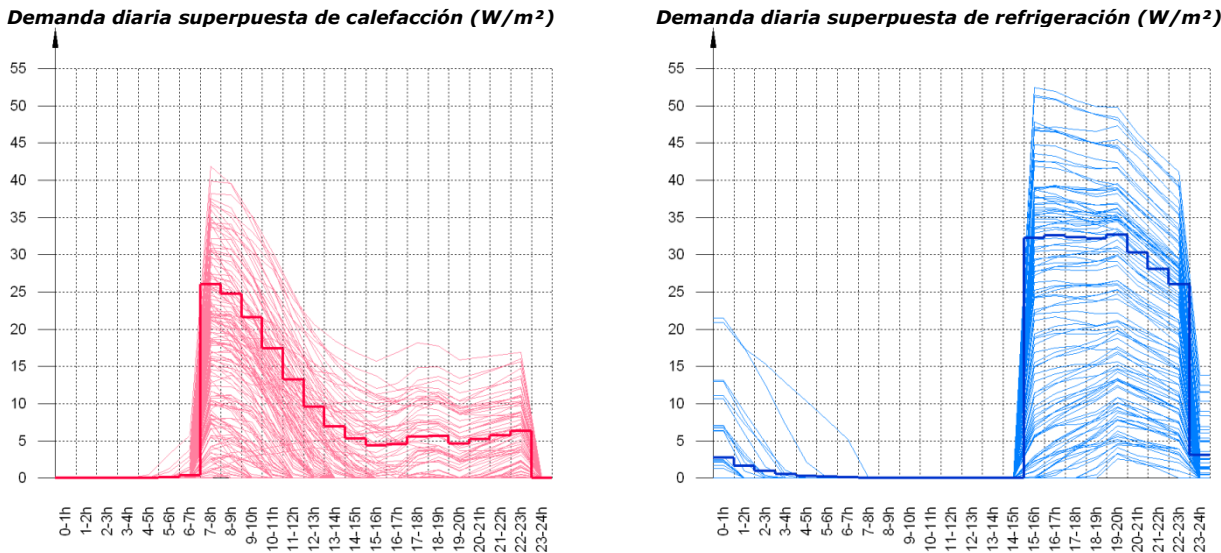
$Q_{HC}$ : Energía aportada de calefacción y refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

**1.3.2.- Demanda energética mensual de calefacción y refrigeración.**

Atendiendo únicamente a la demanda energética a cubrir por los sistemas de calefacción y refrigeración, las necesidades energéticas y de potencia útil instantánea a lo largo de la simulación anual se muestran en los siguientes gráficos:



A continuación, en los gráficos siguientes, se muestran las potencias útiles instantáneas por superficie acondicionada de aporte de calefacción y refrigeración para cada uno de los días de la simulación en los que se necesita aporte energético para mantener las condiciones interiores impuestas, mostrando cada uno de esos días de forma superpuesta en una gráfica diaria en horario legal, junto a una curva típica obtenida mediante la ponderación de la energía aportada por día activo, para cada día de cálculo:



La información gráfica anterior se resume en la siguiente tabla de resultados estadísticos del aporte energético de calefacción y refrigeración:

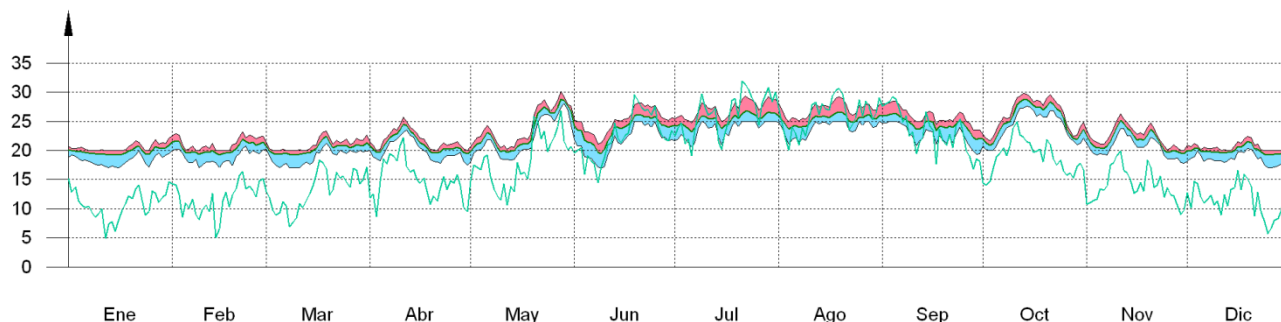
	Nº activ.	Nº días activos (d)	Nº horas activas (h)	Nº horas por activ. (h)	Potencia típica (W/m <sup>2</sup> )	Demanda típica por día activo (kWh/m <sup>2</sup> )
<b>Calefacción</b>	185	153	1339	8	10.63	0.0930
<b>Refrigeración</b>	105	105	903	8	21.35	0.1836

### 1.3.3.- Evolución de la temperatura.

La evolución de la temperatura interior se muestra en la siguiente gráfica, que muestra la evolución de las temperaturas mínima, máxima y media de cada día de cálculo, junto a la temperatura exterior media diaria:

#### Vivienda unifamiliar

Temperatura (°C)



## 2.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.

### 2.1.- Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de **Alacant/Alicante (provincia de Alicante)**, con una altura sobre el nivel del mar de **7 m**. Le corresponde, conforme al Apéndice B de CTE DB HE 1, la zona climática **B4**. La pertenencia a dicha zona climática define las **solicitaciones exteriores** para el cálculo de demanda energética, mediante la determinación del clima de referencia asociado, publicado en formato informático (fichero MET) por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, del Ministerio de Fomento.

### 2.2.- Zonificación del edificio, perfil de uso y nivel de acondicionamiento.

#### 2.2.1.- Agrupaciones de recintos.

Se muestra a continuación la caracterización de los espacios que componen cada una de las zonas de cálculo del edificio. Para cada espacio, se muestran su superficie y volumen, junto a sus **condiciones operacionales** conforme a los perfiles de uso del Apéndice C de CTE DB HE 1, su **acondicionamiento térmico**, y sus **solicitaciones interiores** debidas a aportes de energía de ocupantes, equipos e iluminación.

	S (m <sup>2</sup> )	V (m <sup>3</sup> )	b <sub>ve</sub>	ren <sub>h</sub> (1/h)	ΣQ <sub>ocup,s</sub> (kWh/año)	ΣQ <sub>equip</sub> (kWh/año)	ΣQ <sub>ilum</sub> (kWh/año)	T <sup>a</sup> calef. media (°C)	T <sup>a</sup> refriger. media (°C)
<b>Vivienda unifamiliar</b> (Zona habitable, Perfil: <b>Residencial</b> )									
Estar-Comedor-Paso1	39.26	107.18	1.00	0.68	519.7	567.4	567.4	19.0	26.0
Dormitorio-1	9.71	26.49	1.00	0.68	128.5	140.3	140.3	19.0	26.0
Baño-1	5.32	12.38	1.00	0.68	70.4	76.9	76.9	19.0	26.0
Cocina	9.81	22.84	1.00	0.68	129.8	141.7	141.7	19.0	26.0
Dormitorio-2	11.34	30.95	1.00	0.68	150.1	163.9	163.9	19.0	26.0
Dormitorio-3	12.42	33.92	1.00	0.68	164.5	179.6	179.6	19.0	26.0
Dormitorio-Principal	17.11	46.72	1.00	0.68	226.6	247.4	247.4	19.0	26.0
Paso-2	17.37	40.45	1.00	0.68	229.9	251.0	251.0	19.0	26.0
Baño-2	7.39	17.22	1.00	0.68	97.9	106.9	106.9	19.0	26.0
Baño-Principal	4.69	10.93	1.00	0.68	62.1	67.8	67.8	19.0	26.0
	<b>134.41</b>	<b>349.08</b>	<b>1.00</b>	<b>0.68/1.141*/4**</b>	<b>1779.4</b>	<b>1942.8</b>	<b>1942.8</b>	<b>19.0</b>	<b>26.0</b>

donde:

S: Superficie útil interior del recinto, m<sup>2</sup>.

## Anexo-02.01: Demanda energética – Vivienda CTE

- $V$ : Volumen interior neto del recinto,  $m^3$ .
- $b_{ve}$ : Factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación. En caso de disponer de una unidad de recuperación de calor, el factor de ajuste de la temperatura de suministro de ventilación para el caudal de aire procedente de la unidad de recuperación es igual a  $b_{ve} = (1 - f_{ve,frac} \cdot \eta_{hru})$ , donde  $\eta_{hru}$  es el rendimiento de la unidad de recuperación y  $f_{ve,frac}$  es la fracción del caudal de aire total que circula a través del recuperador.
- $ren_h$ : Número de renovaciones por hora del aire del recinto.
- $*$ : Valor medio del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable, incluyendo las infiltraciones calculadas y los periodos de 'free cooling'.
- $**$ : Valor nominal del número de renovaciones hora del aire de la zona habitable en régimen de 'free cooling' (ventilación natural nocturna en las noches de verano).
- $Q_{ocup,s}$ : Sumatorio de la carga interna sensible debida a la ocupación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.
- $Q_{equip}$ : Sumatorio de la carga interna debida a los equipos presentes en el recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.
- $Q_{ilum}$ : Sumatorio de la carga interna debida a la iluminación del recinto a lo largo del año, conforme al perfil anual asignado y a su superficie, kWh/año.
- $T^{calef. media}$ : Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de calefacción, °C.
- $T^{refrig. media}$ : Valor medio en los intervalos de operación de la temperatura de consigna de refrigeración, °C.

## 2.2.2.- Perfiles de uso utilizados.

Los perfiles de uso utilizados en el cálculo del edificio, obtenidos del Apéndice C de CTE DB HE 1, son los siguientes:

		Distribución horaria																							
		1h	2h	3h	4h	5h	6h	7h	8h	9h	10h	11h	12h	13h	14h	15h	16h	17h	18h	19h	20h	21h	22h	23h	24h
<b>Perfil: Residencial (uso residencial)</b>																									
<b>Temp. Consigna Alta (°C)</b>																									
Enero a Mayo		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Junio a Septiembre		27	27	27	27	27	27	27	-	-	-	-	-	-	-	-	25	25	25	25	25	25	25	25	27
Octubre a Diciembre		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Temp. Consigna Baja (°C)</b>																									
Enero a Mayo		17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
Junio a Septiembre		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Octubre a Diciembre		17	17	17	17	17	17	17	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17
<b>Ocupación sensible (W/m²)</b>																									
Laboral		2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	2.15
Sábado y Festivo		2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
<b>Ocupación latente (W/m²)</b>																									
Laboral		1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	0.68	1.36
Sábado y Festivo		1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36	1.36
<b>Iluminación (W/m²)</b>																									
Laboral, Sábado y Festivo		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.20	4.40	4.40	4.40	4.40	2.2
<b>Equipos (W/m²)</b>																									
Laboral, Sábado y Festivo		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	2.20	4.40	4.40	4.40	4.40	2.2
<b>Ventilación verano</b>																									
Laboral, Sábado y Festivo		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<b>Ventilación invierno</b>																									
Laboral, Sábado y Festivo		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

donde:

\*: Número de renovaciones correspondiente al mínimo exigido por CTE DB HS 3.

## 2.3.- Descripción geométrica y constructiva del modelo de cálculo.

## Anexo-02.01: Demanda energética – Vivienda CTE

**2.3.1.- Composición constructiva. Elementos constructivos pesados.**

La transmisión de calor al exterior a través de los elementos constructivos pesados que forman la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-22.7 kWh/(m<sup>2</sup>·año)) supone el **36.9%** de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-61.5 kWh/(m<sup>2</sup>·año)).

Tipo	S (m <sup>2</sup> )	$\chi$ (kJ/ (m <sup>2</sup> ·K))	U (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	$\Sigma Q_{tr}$ (kWh /año)	$\alpha$	I. (°)	O. (°)	F <sub>sh,o</sub>	$\Sigma Q_{sol}$ (kWh /año)
<b>Vivienda unifamiliar</b>									
Fachada SATE	1.47	72.80	0.23	-16.3	0.4	V	S(179.93)	0.48	2.4
Fachada doble hoja de ladrillo	18.76	93.82	0.23	-207.4	0.4	V	O(-90)	0.84	38.5
Fachada doble hoja de ladrillo	9.46	93.82	0.23	-104.7	0.4	V	E(90)	0.98	22.2
Fachada doble hoja de ladrillo	3.49	93.82	0.23	-38.6	0.4	V	N(0)	0.78	1.2
Fachada doble hoja de ladrillo	3.50	93.82	0.23	-38.6	0.4	V	N(0)	0.74	1.1
Fachada doble hoja de ladrillo	2.00	93.82	0.23	-22.1	0.4	V	O(-90)	0.50	2.5
Fachada doble hoja de ladrillo	2.27	93.82	0.23	-25.0	0.4	V	E(90.1)	0.43	2.3
Tabique de una hoja, con revestimiento	48.27	62.53							
Tabique de una hoja, con revestimiento	58.16	70.64							
Solera	64.08	177.33	0.22	-648.3					
Forjado unidireccional	32.72	131.18							
Cubierta plana transitable (Forjado unidireccional)	9.22	115.34	0.17	-71.6	0.6	H		0.74	34.7
Fachada doble hoja de ladrillo	3.46	93.82	0.23	-38.3	0.4	V	S(180)	0.36	4.2
Fachada doble hoja de ladrillo	1.81	93.82	0.23	-20.0	0.4	V	E(90.01)	0.22	1.0
Fachada doble hoja de ladrillo	3.56	93.82	0.23	-39.3	0.4	V	N(0)	0.88	1.4
Fachada doble hoja de ladrillo	4.28	85.65	0.23	-47.3	0.4	V	N(0)	0.64	1.2
Tabique de una hoja, con revestimiento	48.27	69.67							
Tabique de una hoja, con revestimiento	15.49	61.55							
Forjado unidireccional	14.89	53.00							
Fachada doble hoja de ladrillo	3.47	85.65	0.23	-38.4	0.4	V	S(-179.9)	0.27	3.1
Fachada doble hoja de ladrillo	8.21	85.65	0.23	-90.8	0.4	V	E(90.1)	0.85	16.7
Fachada doble hoja de ladrillo	1.83	85.65	0.23	-20.2	0.4	V	O(-89.99)	0.20	0.9
Fachada doble hoja de ladrillo	3.91	85.65	0.23	-43.2	0.4	V	N(0)	0.96	1.6
Fachada doble hoja de ladrillo	24.82	93.82	0.23	-274.4	0.4	V	O(-90)	1.00	61.0
Fachada doble hoja de ladrillo	5.71	93.82	0.23	-63.2	0.4	V	N(0)	1.00	2.5
Forjado unidireccional	32.73	176.28							
Cubierta plana transitable (Forjado unidireccional)	40.88	115.34	0.17	-317.3	0.6	H		1.00	209.2
Fachada doble hoja de ladrillo	10.54	93.82	0.23	-116.5	0.4	V	E(90)	1.00	25.3
Fachada doble hoja de ladrillo	7.73	93.82	0.23	-85.5	0.4	V	N(0)	0.95	3.2
Forjado unidireccional volado al exterior	11.28	161.95	0.25	-132.6					
Forjado unidireccional	14.89	165.91							
Fachada doble hoja de ladrillo	0.82	93.82	0.23	-9.1	0.4	V	S(180)	0.55	1.5
Fachada doble hoja de ladrillo	5.38	93.82	0.23	-59.4	0.4	V	E(90)	0.57	7.3
Fachada doble hoja de ladrillo	6.42	93.82	0.23	-71.0	0.4	V	S(-179.67)	0.75	16.1
Cubierta plana transitable (Forjado unidireccional)	29.45	45.78	0.16	-221.7	0.6	H		1.00	146.1
Fachada doble hoja de ladrillo	1.36	85.65	0.23	-15.0	0.4	V	E(90)	0.44	1.4
Fachada doble hoja de ladrillo	4.27	85.65	0.23	-47.2	0.4	V	N(0)	1.00	1.8
Fachada doble hoja de ladrillo	4.99	85.65	0.23	-55.2	0.4	V	S(179.69)	0.95	15.8
Fachada doble hoja de ladrillo	6.64	85.65	0.23	-73.4	0.4	V	E(90)	1.00	15.9
				<b>-3051.9</b>					
									<b>641.9</b>

donde:

S: Superficie del elemento.

$\chi$ : Capacidad calorífica por superficie del elemento.



## Anexo-02.01: Demanda energética – Vivienda CTE

$U$ : Transmitancia térmica del elemento.

$Q_{tr}$ : Calor intercambiado con el ambiente exterior, a través del elemento, a lo largo del año.

$\alpha$ : Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la superficie opaca.

$I$ : Inclinação de la superficie (elevación).


















$O$ : Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).

$F_{sh,o}$ : Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores.

$Q_{sol}$ : Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

## 2.3.2.- Composición constructiva. Elementos constructivos ligeros.

La transmisión de calor al exterior a través de los elementos constructivos ligeros que forman la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-33.4 kWh/(m<sup>2</sup>·año)) supone el **54.3%** de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-61.5 kWh/(m<sup>2</sup>·año)).

	Tipo	S (m <sup>2</sup> )	U <sub>g</sub> (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	F <sub>F</sub> (%)	U <sub>f</sub> (W/ (m <sup>2</sup> ·K))	ΣQ <sub>tr</sub> (kWh /año)	g <sub>gl</sub>	α (°)	I. (°)	O. (°)	F <sub>sh,gl</sub>	F <sub>sh,o</sub>	ΣQ <sub>sol</sub> (kWh /año)
<b>Vivienda unifamiliar</b>													
Puerta de entrada a la vivienda, de madera		1.88		1.00	2.08	-175.5		0.6	V	E(90.1)	0.00	0.59	41.4
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/10/8 LOW.S		7.29	1.40	0.10	3.49	-527.7	0.36	0.6	V	S(179.93)	1.00	0.69	2022.4
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/10/8 LOW.S		7.29	1.40	0.10	3.49	-527.7	0.36	0.6	V	S(179.93)	1.00	0.77	2262.2
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/10/8 LOW.S		4.90	1.40	0.10	3.49	-354.6	0.36	0.6	V	S(179.93)	1.00	0.72	1411.6
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/10/8 LOW.S		3.91	1.40	0.10	3.49	-282.9	0.16	0.6	V	O(-90)	0.87	0.65	327.4
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/10/8 LOW.S		1.88	1.40	0.10	3.49	-136.3	0.16	0.6	V	E(90.1)	0.81	0.59	131.5
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/10/8 LOW.S		3.85	1.40	0.10	3.49	-278.6	0.16	0.6	V	N(0)	1.00	0.95	238.1
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/10/8 LOW.S		0.75	1.40	0.10	3.49	-54.3	0.16	0.6	V	N(0)	1.00	0.90	43.8
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/10/8 LOW.S		0.73	1.40	0.10	3.49	-53.0	0.16	0.6	V	E(90.1)	0.03	0.88	7.2
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/10/8 LOW.S		3.85	1.40	0.10	3.49	-278.6	0.16	0.6	V	N(0)	1.00	0.96	240.3
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/10/8 LOW.S		2.85	1.40	0.10	3.49	-206.3	0.16	0.6	V	N(0)	1.00	1.00	184.6
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/10/8 LOW.S		2.10	1.40	0.10	3.49	-152.0	0.16	0.6	V	N(0)	1.00	0.96	131.1
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/10/8 LOW.S		7.02	1.40	0.10	3.49	-507.9	0.36	0.6	V	S(180)	0.41	0.76	904.7
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/10/8 LOW.S		3.91	1.40	0.10	3.49	-282.9	0.36	0.6	V	S(-179.67)	0.37	0.61	369.5
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/10/8 LOW.S		4.38	1.40	0.10	3.49	-317.2	0.16	0.6	V	O(-90)	0.05	1.00	56.0
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/10/8 LOW.S		4.38	1.40	0.10	3.49	-317.2	0.16	0.6	V	E(90)	0.05	1.00	55.0
Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/10/8 LOW.S		0.43	1.40	0.10	3.49	-31.3	0.16	0.6	V	E(90)	0.03	1.00	4.6
												<b>-4484.0</b>	<b>8431.4</b>

donde:

## Anexo-02.01: Demanda energética – Vivienda CTE

$S$ : Superficie del elemento.

$U_g$ : Transmitancia térmica de la parte translúcida.

$F_F$ : Fracción de parte opaca del elemento ligero.

$U_F$ : Transmitancia térmica de la parte opaca.

$Q_{tr}$ : Calor intercambiado con el ambiente exterior, a través del elemento, a lo largo del año.

$g_{gl}$ : Transmitancia total de energía solar de la parte transparente.

$\alpha$ : Coeficiente de absorción solar (absortividad) de la parte opaca del elemento ligero.

$I$ : Inclinação de la superficie (elevación).

$O$ : Orientación de la superficie (azimut respecto al norte).

$F_{sh,gl}$ : Valor medio anual del factor reductor de sombreadamiento para dispositivos de sombra móviles.









$F_{sh,o}$ : Valor medio anual del factor de corrección de sombra por obstáculos exteriores.

$Q_{sol}$ : Ganancia solar acumulada a lo largo del año.

## 2.3.3.- Composición constructiva. Puentes térmicos.

La transmisión de calor a través de los puentes térmicos incluidos en la envolvente térmica de las zonas habitables del edificio (-5.4 kWh/(m<sup>2</sup>·año)) supone el **8.8%** de la transmisión térmica total a través de dicha envolvente (-61.5 kWh/(m<sup>2</sup>·año)).

Tomando como referencia únicamente la transmisión térmica a través de los elementos pesados y puentes térmicos de la envolvente habitable del edificio (-28.1 kWh/(m<sup>2</sup>·año)), el porcentaje debido a los puentes térmicos es el **19.2%**.

	Tipo	L (m)	$\psi$ (W/(m·K))	$\Sigma Q_{tr}$ (kWh/año)
<b>Vivienda unifamiliar</b>				
Cubierta plana		2.73	0.219	-28.1
Cubierta plana		3.38	0.220	-35.0
Frente de forjado		6.87	0.313	-101.1
Frente de forjado		2.73	0.319	-41.0
Frente de forjado		6.87	0.313	-101.2
Cubierta plana		23.08	0.220	-238.8
Frente de forjado		2.73	0.319	-41.0
Cubierta plana		13.70	0.219	-141.1
				<b>-727.1</b>

donde:

$L$ : Longitud del puente térmico lineal.

$\psi$ : Transmitancia térmica lineal del puente térmico.

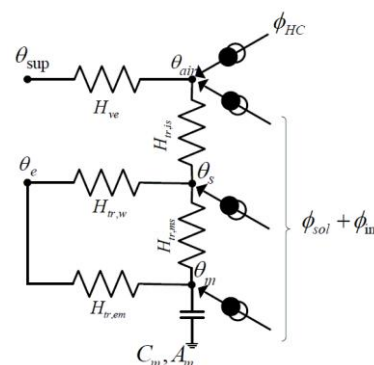
$n$ : Número de puentes térmicos puntuales.

$X$ : Transmitancia térmica puntual del puente térmico.

$Q_{tr}$ : Calor intercambiado en el puente térmico a lo largo del año.

## 2.4.- Procedimiento de cálculo de la demanda energética.

El procedimiento de cálculo empleado consiste en la simulación anual de un modelo zonal del edificio con acoplamiento térmico entre zonas, mediante el método completo simplificado en base horaria de tipo dinámico descrito en UNE-EN ISO 13790:2011, cuya implementación ha sido validada mediante los tests descritos en la Norma EN 15265:2007 (Energy performance of buildings - Calculation of energy needs for space heating and cooling using dynamic methods - General criteria and validation procedures). Este procedimiento de cálculo utiliza un modelo equivalente de resistencia-capacitancia (R-C) de tres nodos en base horaria. Este modelo hace una distinción entre la temperatura del aire interior y la temperatura media radiante de las superficies interiores (revestimiento de la zona del edificio), permitiendo su uso en comprobaciones de confort térmico, y aumentando la exactitud de la consideración de las partes radiantes y convectivas de las ganancias solares, luminosas e internas.



---

*Anexo-02.01: Demanda energética – Vivienda CTE*

La metodología cumple con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 1, al considerar los siguientes aspectos:

- el diseño, emplazamiento y orientación del edificio;
- la evolución hora a hora en régimen transitorio de los procesos térmicos;
- el acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio a distintas temperaturas;
- las solicitaciones interiores, solicitaciones exteriores y condiciones operacionales especificadas en los apartados 4.1 y 4.2 de CTE DB HE 1, teniendo en cuenta la posibilidad de que los espacios se comporten en oscilación libre;
- las ganancias y pérdidas de energía por conducción a través de la envolvente térmica del edificio, compuesta por los cerramientos opacos, los huecos y los puentes térmicos, con consideración de la inercia térmica de los materiales;
- las ganancias y pérdidas producidas por la radiación solar al atravesar los elementos transparentes o semitransparentes y las relacionadas con el calentamiento de elementos opacos de la envolvente térmica, considerando las propiedades de los elementos, su orientación e inclinación y las sombras propias del edificio u otros obstáculos que puedan bloquear dicha radiación;
- las ganancias y pérdidas de energía producidas por el intercambio de aire con el exterior debido a ventilación e infiltraciones teniendo en cuenta las exigencias de calidad del aire de los distintos espacios y las estrategias de control empleadas.

Permitiendo, además, la obtención separada de la demanda energética de calefacción y de refrigeración del edificio.

---

## **ANEXO 02.02: CONSUMO ENERGÉTICO – VIVIENDA CTE**

### **ÍNDICE:**

#### **1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO**

**1.1.- Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable.**

**1.2.- Resultados mensuales.**

1.2.1.- Consumo energético anual del edificio.

#### **2.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.**

**2.1.- Zonificación climática**

**2.2.- Demanda energética del edificio.**

2.2.1.- Demanda energética de calefacción y refrigeración.

2.2.2.- Demanda energética de ACS.

**2.3.- Descripción de los sistemas de aporte del edificio.**

**2.4.- Factores de conversión de energía final a energía primaria utilizados.**

**2.5.- Procedimiento de cálculo del consumo energético.**

## 1.- RESULTADOS DEL CÁLCULO DEL CONSUMO ENERGÉTICO

### 1.1.- Consumo energético anual por superficie útil de energía primaria no renovable.

$$C_{ep,edificio} = 34.30 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año}) \leq C_{ep,lim} = C_{ep,base} + F_{ep,sup}/S = 52.44 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{año})$$



donde:

$C_{ep,edificio}$ : Valor calculado del consumo energético de energía primaria no renovable, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$C_{ep,lim}$ : Valor límite del consumo energético de energía primaria no renovable para los servicios de calefacción, refrigeración y ACS, considerada la superficie útil de los espacios habitables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$C_{ep,base}$ : Valor base del consumo energético de energía primaria no renovable, para la zona climática de invierno correspondiente al emplazamiento del edificio (tabla 2.1, CTE DB HE 0), 45.00 kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$F_{ep,sup}$ : Factor corrector por superficie del consumo energético de energía primaria no renovable (tabla 2.1, CTE DB HE 0), 1000.

$S_u$ : Superficie útil de los espacios habitables del edificio, 134.41 m<sup>2</sup>.

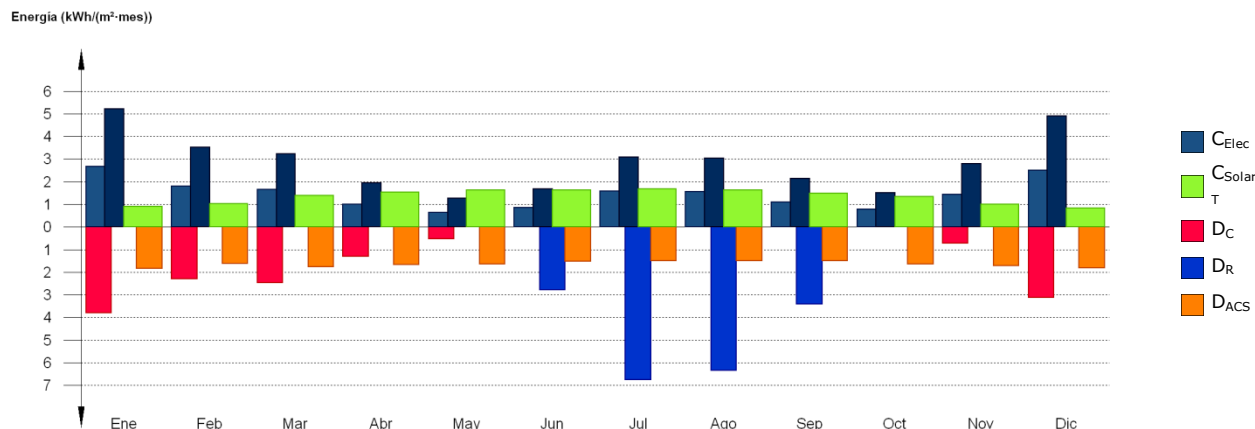
### 1.2.- Resultados mensuales.

#### 1.2.1.- Consumo energético anual del edificio.

La siguiente gráfica de barras representa el balance entre el consumo energético del edificio y la demanda energética, mostrando de forma visual la eficiencia energética del edificio, al representar gráficamente la compensación de la demanda mediante el consumo.

En el semieje de ordenadas positivo se representan, mes a mes, los distintos consumos energéticos del edificio, separando entre vectores energéticos de origen renovable y no renovable, y mostrando para éstos últimos tanto la energía final consumida como el montante de energía primaria necesaria para generar dicha energía final en punto de consumo.

En el semieje de ordenadas negativo se representa, mes a mes, la demanda energética del edificio, separada por servicio, distinguiendo la demanda de calefacción, la de refrigeración y la de agua caliente sanitaria.



En la siguiente tabla se expresan, de forma numérica, los valores representados en la gráfica anterior, mostrando, para cada vector energético utilizado, la energía útil aportada, la energía final consumida y la energía primaria equivalente, añadiendo también los totales para el consumo de energía final y energía primaria de origen renovable y no renovable, así como los valores de todas las cantidades ponderados por la superficie útil de los espacios habitables del edificio, en kWh/(m<sup>2</sup>·año).

													Año		
													(kWh/año)	(kWh/(m²·a))	
EDIFICIO (S <sub>u</sub> = 134.41 m²; V = 349.1 m³)															
Demanda energética	C	510.1	308.3	332.6	174.7	70.1	--	--	--	--	0.5	96.7	419.8	1912.8	14.2
	R	--	--	--	--	--	373.5	905.9	852.5	459.2	--	--	--	2591.1	19.3
	ACS	247.1	218.6	237.0	224.4	221.8	204.9	201.6	201.6	200.0	221.9	229.3	242.0	2650.2	19.7
	TOTAL	757.1	526.9	569.6	399.1	291.9	578.4	1107.5	1054.2	659.2	222.4	326.1	661.8	7154.1	53.2

## Anexo-02.02: Consumo energético – Vivienda CTE

		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Año	
		(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh/año)	(kWh/(m <sup>2</sup> ·a))
<b>Solar térmica</b>	<b>EA<sub>ACS</sub></b>	96.2	108.7	147.1	163.9	172.6	175.1	182.7	177.0	159.6	143.4	107.3	86.7	1720.6	<b>12.8</b>
	<b>EF</b>	122.0	137.9	186.6	207.4	217.5	219.1	227.0	220.0	200.0	180.3	135.6	110.2	2163.6	<b>16.1</b>
	<b>%D<sub>ACS</sub></b>	39.0	49.7	62.1	73.1	77.8	85.5	90.6	87.8	79.8	64.6	46.8	35.8	66.1	
<b>Electricidad</b> ( $f_{cep} = 1.954$ )	<b>EA<sub>C</sub></b>	510.1	308.3	332.6	174.7	70.1	--	--	--	--	0.5	96.7	419.8	1912.8	<b>14.2</b>
	<b>EA<sub>ACS</sub></b>	150.8	109.9	89.8	60.4	49.2	29.8	18.9	24.6	40.4	78.4	122.0	155.3	929.6	<b>6.9</b>
	<b>EA<sub>R</sub></b>	--	--	--	--	--	373.5	905.9	852.5	459.2	--	--	--	2591.1	<b>19.3</b>
	<b>EF</b>	358.2	241.6	222.2	134.3	86.9	116.2	211.5	208.0	147.9	103.9	192.1	336.8	2359.7	<b>17.6</b>
	<b>EP<sub>ren</sub></b>	148.3	100.0	92.0	55.6	36.0	48.1	87.6	86.1	61.2	43.0	79.5	139.4	976.9	<b>7.3</b>
	<b>EP<sub>nr</sub></b>	699.8	472.1	434.2	262.3	169.8	227.2	413.2	406.5	289.0	203.1	375.4	658.1	4610.8	<b>34.3</b>
	<b>C<sub>ef,total</sub></b>	<b>480.1</b>	<b>379.5</b>	<b>408.8</b>	<b>341.7</b>	<b>304.4</b>	<b>335.4</b>	<b>438.4</b>	<b>428.0</b>	<b>347.9</b>	<b>284.2</b>	<b>327.7</b>	<b>447.0</b>	<b>4523.3</b>	<b>33.7</b>
	<b>C<sub>ep,ren</sub></b>	<b>270.3</b>	<b>238.0</b>	<b>278.6</b>	<b>263.0</b>	<b>253.5</b>	<b>267.2</b>	<b>314.5</b>	<b>306.1</b>	<b>261.3</b>	<b>223.3</b>	<b>215.1</b>	<b>249.6</b>	<b>3140.5</b>	<b>23.4</b>
	<b>C<sub>ep,nr</sub></b>	<b>699.8</b>	<b>472.1</b>	<b>434.2</b>	<b>262.3</b>	<b>169.8</b>	<b>227.2</b>	<b>413.2</b>	<b>406.5</b>	<b>289.0</b>	<b>203.1</b>	<b>375.4</b>	<b>658.1</b>	<b>4610.8</b>	<b>34.3</b>

donde:

 $S_u$ : Superficie habitable del edificio, m<sup>2</sup>. $V$ : Volumen neto habitable del edificio, m<sup>3</sup>. $D_C$ : Demanda de energía útil correspondiente al servicio de calefacción, kWh. $D_R$ : Demanda de energía útil correspondiente al servicio de refrigeración, kWh. $D_{ACS}$ : Demanda de energía útil correspondiente al servicio de ACS, kWh. $f_{cep}$ : Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables. $EA$ : Energía útil aportada, kWh. $EF$ : Energía final consumida por el sistema en punto de consumo, kWh. $EP_{ren}$ : Consumo energético de energía primaria de origen renovable, kWh. $EP_{nr}$ : Consumo energético de energía primaria de origen no renovable, kWh. $\%D$ : Porcentaje cubierto de la demanda energética total del servicio asociado por el vector energético de origen renovable. $C_{ef,total}$ : Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/(m<sup>2</sup>·año). $C_{ep,ren}$ : Consumo energético total de energía primaria de origen renovable, kWh/(m<sup>2</sup>·año). $C_{ep,nr}$ : Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

## 2.- MODELO DE CÁLCULO DEL EDIFICIO.

### 2.1.- Zonificación climática

El edificio objeto del proyecto se sitúa en el municipio de **Alacant/Alicante (provincia de Alicante)**, con una altura sobre el nivel del mar de **7 m**. Le corresponde, conforme al Apéndice B de CTE DB HE 1, la zona climática **B4**.

La pertenencia a dicha zona climática define las **solicitaciones exteriores** para el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración conforme a la exigencia básica CTE HE 1, mediante la determinación del clima de referencia asociado, publicado en formato informático (fichero MET) por la Dirección General de Arquitectura, Vivienda y Suelo, del Ministerio de Fomento.

### 2.2.- Demanda energética del edificio.

La demanda energética del edificio que debe satisfacerse en el cálculo del consumo de energía primaria no renovable, magnitud de control conforme a la exigencia de limitación de consumo energético HE 0 para edificios de uso residencial o asimilable, corresponde a la suma de la energía demandada por los servicios de calefacción, refrigeración y ACS del edificio.

#### 2.2.1.- Demanda energética de calefacción y refrigeración.

La demanda energética de calefacción y refrigeración del edificio, calculada hora a hora y de forma separada para cada una de las zonas acondicionadas que componen el modelo térmico del edificio, se obtiene mediante la simulación anual de un modelo zonal del edificio con acoplamiento térmico entre zonas, mediante el método completo simplificado en base horaria de tipo dinámico descrito en UNE-EN ISO 13790:2011, cumpliendo con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 1, con el objetivo de determinar el cumplimiento de la exigencia básica de limitación de demanda energética de CTE DB HE 1.

Se muestran aquí, a modo de resumen, los resultados obtenidos en el cálculo de la demanda energética de calefacción y refrigeración de cada zona habitable, junto a la demanda total del edificio.

## Anexo-02.02: Consumo energético – Vivienda CTE

Zonas habitables	$S_u$ (m <sup>2</sup> )	$D_{cal}$		$D_{ref}$	
		(kWh/año)	(kWh/(m <sup>2</sup> ·a))	(kWh/año)	(kWh/(m <sup>2</sup> ·a))
Vivienda unifamiliar	134.41	1912.8	14.2	2591.1	19.3
	<b>134.41</b>	1912.8	<b>14.2</b>	2591.1	<b>19.3</b>

donde:

$S_u$ : Superficie útil de la zona habitable, m<sup>2</sup>.

$D_{cal}$ : Valor calculado de la demanda energética de calefacción, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

$D_{ref}$ : Valor calculado de la demanda energética de refrigeración, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

## 2.2.2.- Demanda energética de ACS.

La demanda energética correspondiente a los servicios de agua caliente sanitaria de las zonas habitables del edificio se determina conforme a las indicaciones del apartado 4 de CTE DB HE 4 y el documento de 'Condiciones de aceptación de programas alternativos a LIDER/CALENER', que remiten a la norma UNE 94002 para el cálculo de la demanda de energía térmica diaria de ACS en función del consumo de ACS diario por zona.

El salto térmico utilizado en el cálculo de la energía térmica necesaria se realiza entre una temperatura de referencia de 60°C, y la temperatura del agua de red en el emplazamiento del edificio proyectado, de valores:

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)
Temperatura del agua de red	11.0	12.0	13.0	14.0	16.0	18.0	20.0	20.0	19.0	16.0	13.0	12.0

La demanda diaria obtenida se reparte por horas, conforme al perfil a tal efecto, publicado en el documento citado anteriormente, para añadirse al cálculo horario del consumo energético como vector horario anual de demanda energética de ACS a satisfacer, para cada zona, mediante los sistemas técnicos disponibles en el edificio.

Se muestran a continuación los resultados del cálculo de la demanda energética de ACS para cada zona habitable del edificio, junto con las demandas diarias, el porcentaje de la demanda cubierto por energía renovable, y el restante a satisfacer mediante energías no renovables.

Zonas habitables	$Q_{ACS}$ (l/día)	$S_u$ (m <sup>2</sup> )	$D_{ACS}$		% $_{AS}$ (%)	$D_{ACS,nr}$	
			(kWh/año)	(kWh/(m <sup>2</sup> ·a))		(kWh/año)	(kWh/(m <sup>2</sup> ·a))
Vivienda unifamiliar	140.0	134.41	2650.2	19.7	66.1	897.7	6.7
	<b>140.0</b>	<b>134.41</b>	2650.2	<b>19.7</b>	<b>66.1</b>	897.7	<b>6.7</b>

donde:

$Q_{ACS}$ : Caudal diario demandado de agua caliente sanitaria, l/día.

$S_u$ : Superficie útil de la zona habitable, m<sup>2</sup>.

$D_{ACS}$ : Demanda energética correspondiente al servicio de agua caliente sanitaria, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

% $_{AS}$ : Porcentaje cubierto por energía solar de la demanda energética de agua caliente sanitaria, %.

$D_{ACS,nr}$ : Demanda energética de ACS cubierta por energías no renovables, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

## 2.3.- Descripción de los sistemas de aporte del edificio.

Tipo	Energía	Cap <sub>n,c</sub> (kW)	Cap <sub>n,R</sub> (kW)	S <sub>u</sub> (m <sup>2</sup> )	C <sub>ef</sub>		P <sub>mo</sub> (W/m <sup>2</sup> )	REA	K <sub>e</sub>	REA <sub>c</sub>	
					(kWh /año)	(kWh/ m <sup>2</sup> ·a))					
Sistema 1 (Acumulación ACS: V = 150.0 l; Tª:[60.0->80.0] °C; UA = 1.50 W/K)											
Equipo 1	ACS	Electricidad	2.2	--	134.41	1236.9	9.2	1.1	0.75	3.1814	0.24
Equipo 2	C+R	Electricidad	15.0	10.0	134.41	437.6	3.3	1.5	3.94	3.1814	1.24
Equipo 3	C+R	Electricidad	6.8	6.0	134.41	225.9	1.7	0.7	4.05	3.1814	1.27
Equipo 4	C+R	Electricidad	13.5	12.5	134.41	459.4	3.4	1.5	4.07	3.1814	1.28
			37.5	28.5	134.41	2359.7	17.6		2.30		0.72

donde:

Tipo: Servicios abastecidos por el equipo técnico (C=Calefacción, R=Refrigeración, ACS= Agua caliente sanitaria).

Energía: Vector energético principal utilizado por el equipo técnico.

$Cap_{n,C}$ : Capacidad calorífica nominal total del equipo técnico, kW.

### Anexo-02.02: Consumo energético – Vivienda CTE

- $Cap_{n,R}$ : Capacidad frigorífica nominal total del equipo técnico, kW.  
 $S_u$ : Superficie útil habitable acondicionada asociada al equipo técnico, m<sup>2</sup>.  
 $C_{ef}$ : Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/(m<sup>2</sup>·año).  
 $P_{mo}$ : Potencia media operacional del equipo técnico, W/m<sup>2</sup>.  
 $REA$ : Rendimiento estacional anual del equipo técnico.  
 $K_e$ : Coeficiente de emisiones del vector energético.  
 $REA_c$ : Rendimiento estacional anual corregido del equipo técnico.

## 2.4.- Factores de conversión de energía final a energía primaria utilizados.

Los factores de conversión de energía primaria procedente de fuentes no renovables, para cada vector energético utilizado en el edificio, se han obtenido del documento 'Factores de emisión de CO<sub>2</sub> y coeficientes de paso a energía primaria de diferentes fuentes de energía final consumidas en el sector edificios en España', borrador propuesta de Documento Reconocido publicado por el IDAE con fecha 3/03/2014, conforme al apartado 4.2 de CTE DB HE 0.

Vector energético	$C_{ef,total}$		$f_{cep}$	$C_{ep,nr}$	
	(kWh/año)	(kWh/(m <sup>2</sup> ·a))		(kWh/año)	(kWh/(m <sup>2</sup> ·a))
Electricidad	2359.7	17.6	1.954	4610.8	<b>34.3</b>

donde:

- $C_{ef,total}$ : Consumo energético total de energía en punto de consumo, kWh/(m<sup>2</sup>·año).  
 $f_{cep}$ : Factor de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables.  
 $C_{ep,nr}$ : Consumo energético total de energía primaria de origen no renovable, kWh/(m<sup>2</sup>·año).

## 2.5.- Procedimiento de cálculo del consumo energético.

El procedimiento de cálculo empleado tiene como objetivo determinar el consumo de energía primaria del edificio procedente de fuentes de energía no renovables. Para ello, se realiza una simulación anual por intervalos horarios de un modelo zonal del edificio, en la que, hora a hora, se realiza el cálculo de la distribución de las demandas energéticas a satisfacer en cada zona del modelo térmico, determinando, para cada equipo técnico, su punto de trabajo, la energía útil aportada, la energía final consumida, y la energía primaria equivalente, desglosando el consumo energético por equipo, sistema de aporte y vector energético utilizado.

La metodología cumple con los requisitos impuestos en el capítulo 5 de CTE DB HE 0, al considerar los siguientes aspectos:

- el diseño, emplazamiento y orientación del edificio;
- la demanda energética de calefacción y refrigeración calculada conforme a los requisitos establecidos en CTE DB HE 1;
- la demanda energética de agua caliente sanitaria, calculada conforme a los requisitos establecidos en CTE DB HE 4;
- el dimensionado y los rendimientos operacionales de los equipos técnicos de producción y aporte de calor, frío y ACS;
- la distinción de los distintos vectores energéticos utilizados en el edificio, junto con los factores de conversión de energía final a energía primaria procedente de fuentes no renovables;
- y la contribución de energías renovables producidas in situ o en las proximidades de la parcela del edificio.



**ANEXO 02.03: CALIDAD DEL AIRE INTERIOR (HS3) – VIVIENDA CTE****ÍNDICE:****1.- ABERTURAS DE VENTILACIÓN****1.1.- Viviendas**

## 1.1.1.- Ventilación mecánica

**2.- CONDUCTOS DE VENTILACIÓN****2.1.- Viviendas**

## 2.1.1.- Ventilación mecánica

**3.- ASPIRADORES HÍBRIDOS, ASPIRADORES MECÁNICOS Y EXTRACTORES****3.1.- Viviendas**

## 3.1.1.- Ventilación mecánica

Cálculo de las aberturas de ventilación										
Local	Tipo	Au (m²)	No	qv (l/s)	qe (l/s)	Aberturas de ventilación				
						Tab	qa (l/s)	Amin (cm²)	Areal (cm²)	Dimensiones (mm)
Dormitorio-2 (Dormitorio)	Seco	11.3	2	10.0	10.0	A	10.0	40.0	96.0	800x80x12
									-	Carpintería clase 1 <sup>(1)</sup>
						P	10.0	80.0	69.5	Holgura
									145.0	725x20x82

Cálculo de las aberturas de ventilación										
Local	Tipo	Au (m²)	No	qv (l/s)	qe (l/s)	Aberturas de ventilación				
						Tab	qa (l/s)	Amin (cm²)	Areal (cm²)	Dimensiones (mm)
Dormitorio-3 (Dormitorio)	Seco	12.4	2	10.0	10.0	A	10.0	40.0	96.0	800x80x12
									-	Carpintería clase 1 <sup>(1)</sup>
						P	10.0	80.0	72.5	Holgura
									145.0	725x20x82
Dormitorio-Principal (Dormitorio)	Seco	17.1	2	10.0	11.8	P	11.8	94.4	72.5	Holgura
									145.0	725x20x82
Baño-2 (Baño / Aseo)	Húmedo	7.4	-	15.0	25.3	A	5.3	-	-	Carpintería clase 1 <sup>(1)</sup>
						P	20.0	160.0	72.5	Holgura
									145.0	725x20x82
						E	12.7	101.4	225.0	150x33x150
E	12.7	101.4	225.0	150x33x150						
Baño-Principal (Baño / Aseo)	Húmedo	4.7	-	15.0	15.0	A	3.2	-	-	Carpintería clase 1 <sup>(1)</sup>
						P	11.8	94.4	72.5	Holgura
									145.0	725x20x82
						E	15.0	60.0	225.0	150x33x150
Notas: <sup>(1)</sup> Permeabilidad al aire a una presión de 20 Pa, calculada según la norma UNE-EN 12207:2000.										
Abreviaturas utilizadas										
Au	Área útil				Tab	Tipo de abertura (A: admisión, E: extracción, P: paso, M: mixta)				
No	Número de ocupantes.				qa	Caudal de ventilación de la abertura.				
qv	Caudal de ventilación mínimo exigido.				Amin	Área mínima de la abertura.				
qe	Caudal de ventilación equilibrado (+/- entrada/salida de aire)				Areal	Área real de la abertura.				

## 2.- CONDUCTOS DE VENTILACIÓN

### 2.1.- Viviendas

#### 2.1.1.- Ventilación mecánica

##### 2.1.1.1.- Conductos de extracción

###### 1-VEM

Cálculo de conductos									
Tramo	qv (l/s)	Sc (cm <sup>2</sup> )	Sreal (cm <sup>2</sup> )	Dimensiones (mm)	De (cm)	v (m/s)	Lr (m)	Lt (m)	J (mm.c.a.)
1-VEM - 1.1	96.3	240.8	314.2	200	20.0	3.1	0.6	0.6	0.051
1.1 - 1.2	56.0	139.9	143.1	135	13.5	3.9	3.1	3.1	0.751
1.2 - 1.3	35.9	89.7	122.7	125	12.5	2.9	1.0	1.0	0.152
1.2 - 1.4	20.1	50.2	78.5	100	10.0	2.6	0.6	0.6	0.091
1.1 - 1.5	25.3	63.4	78.5	100	10.0	3.2	0.7	0.7	0.163

Cálculo de conductos									
Tramo	qv (l/s)	Sc (cm <sup>2</sup> )	Sreal (cm <sup>2</sup> )	Dimensiones (mm)	De (cm)	v (m/s)	Lr (m)	Lt (m)	J (mm.c.a.)
1.1 - 1.6	15.0	37.5	78.5	100	10.0	1.9	5.8	5.8	0.530
Abreviaturas utilizadas									
qv	Caudal de aire en el conducto				v	Velocidad			
Sc	Sección calculada				Lr	Longitud medida sobre plano			
Sreal	Sección real				Lt	Longitud total de cálculo			
De	Diámetro equivalente				J	Pérdida de carga			

### 3.- ASPIRADORES HÍBRIDOS, ASPIRADORES MECÁNICOS Y EXTRACTORES

#### 3.1.- Viviendas

##### 3.1.1.- Ventilación mecánica

Cálculo de aspiradores		
Referencia	Caudal (l/s)	Presión (mm.c.a.)
1-VEM	96.3	1.974

## **ANEXO 02.04: ENERGÍA SOLAR TÉRMICA – VIVIENDA CTE**

### **ÍNDICE:**

#### **1.- DATOS DE PARTIDA**

**1.1.- Descripción del edificio**

**1.2.- Condiciones climáticas**

**1.3.- Condiciones de uso**

#### **2.- CÁLCULO Y DIMENSIONADO**

**2.1.- Diseño del sistema de captación**

2.1.1.- Captadores. Curvas de rendimiento

2.1.2.- Conjuntos de captación

2.1.3.- Determinación de la radiación

2.1.4.- Dimensionamiento de la superficie de captación

2.1.5.- Cálculo de la cobertura solar

**2.2.- Diseño del sistema intercambiador-acumulador**

## 1.- DATOS DE PARTIDA

### 1.1.- Descripción del edificio

Edificio situado en Alacant/Alicante, zona climática V según el apartado 4.2, 'Zonas climáticas', de la sección HE 4 del DB HE Ahorro de energía del CTE (radiación solar global media diaria anual de 18.20 MJ/m<sup>2</sup>).

Coordenadas geográficas:

Latitud	38° 21' 0" N
Longitud	0° 29' 24" O

La vivienda está compuesta por 4 dormitorios y tiene asignada una ocupación de 5 personas.

Los captadores se dispondrán sobre su correspondiente soporte orientados al S(180°).

### 1.2.- Condiciones climáticas

Mes	Radiación global (MJ/m <sup>2</sup> )	Temperatura ambiente diaria (°C)	Temperatura de red (°C)
Enero	9.40	12	11
Febrero	12.56	12	12
Marzo	16.92	14	13
Abril	22.07	16	14
Mayo	24.91	19	16
Junio	27.54	22	18
Julio	27.83	25	20
Agosto	24.55	26	20
Septiembre	19.62	23	19
Octubre	14.36	19	16
Noviembre	10.12	15	13
Diciembre	8.17	12	12

### 1.3.- Condiciones de uso

Teniendo en cuenta el nivel de ocupación, se obtiene un valor medio de 28.0 l por persona y día, con una temperatura de consumo de referencia de 60 °C. Como la temperatura de uso se considera de 45 °C, distinta de 60 °C, debe corregirse este consumo medio de tal forma que la demanda energética final del sistema, para cada mes, sea equivalente a la obtenida con el consumo definido a la temperatura de referencia.

Para la corrección se ha utilizado la siguiente expresión:

donde:

$C_i(T)$ : Consumo de agua caliente para el mes  $i$  a la temperatura  $T$  elegida;

$C_i(60\text{ °C})$ : Consumo de agua caliente para el mes  $i$  a la temperatura de 60 °C;

$T$ : Temperatura del acumulador final;

$T_i$ : Temperatura media del agua fría en el mes  $i$ ;

Al tratarse de una vivienda unifamiliar, se asume un coeficiente de simultaneidad igual a 1.

Número de dormitorios	4
Ocupación (Nº personas)	5
Consumo de referencia litros/día	140

*Anexo-02.04: Energía solar térmica – Vivienda CTE*

A partir de los datos anteriores se puede calcular la demanda energética para cada mes. Los valores obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Mes	Ocupación (%)	Consumo (m <sup>3</sup> )	Temperatura de red (°C)	Salto térmico (°C)	Demanda (MJ)
Enero	100	6.3	11	34	882.11
Febrero	100	5.7	12	33	780.49
Marzo	100	6.4	13	32	846.13
Abril	100	6.2	14	31	801.19
Mayo	100	6.6	16	29	791.91
Junio	100	6.5	18	27	731.54
Julio	100	6.9	20	25	719.94
Agosto	100	6.9	20	25	719.94
Septiembre	100	6.6	19	26	714.13
Octubre	100	6.6	16	29	792.15
Noviembre	100	6.2	13	32	818.83
Diciembre	100	6.3	12	33	864.12

La descripción de los valores mostrados, para cada columna, es la siguiente:

- Ocupación: Estimación del porcentaje mensual de ocupación.
- Consumo: Se calcula mediante la siguiente formula:
- Temperatura de red: Temperatura de suministro de agua (valor mensual en °C).
- Demanda térmica: Expresa la demanda energética necesaria para cubrir el consumo necesario de agua caliente. Se calcula mediante la siguiente fórmula:

donde:

$Q_{acs}$ : Demanda de agua caliente (MJ).

$\rho$ : Densidad volumétrica del agua (Kg/m<sup>3</sup>).

C: Consumo (m<sup>3</sup>).

$C_p$ : Calor específico del agua (MJ/kg°C).

$\Delta T$ : Salto térmico (°C).

## 2.- CÁLCULO Y DIMENSIONADO

### 2.1.- Diseño del sistema de captación

#### 2.1.1.- Captadores. Curvas de rendimiento

El sistema de captación estará formado por elementos del tipo Smart F1/TSS 150/FCB-2 ("JUNKERS"), cuya curva de rendimiento INTA es:

donde:

$\eta_0$ : Factor óptico (0.71).

$a_1$ : Coeficiente de pérdida (3.86).

$t^e$ : Temperatura media (°C).

$t^a$ : Temperatura ambiente (°C).

I: Irradiación solar (W/m<sup>2</sup>).

El tipo y disposición de los captadores que se han seleccionado se describe a continuación:

Marca	Modelo	Disposición	Número total de captadores	Número total de baterías
"JUNKERS"	Smart F1/TSS 150/FCB-2	En paralelo	1	1 de 1 unidades

#### 2.1.2.- Conjuntos de captación

En la siguiente tabla pueden consultarse los volúmenes de acumulación y áreas de intercambio totales para cada conjunto de captación:

Conj. captación	Vol. acumulación (l)	Sup. captación (m <sup>2</sup> )
1	145	1.92

#### 2.1.3.- Determinación de la radiación

Para obtener la radiación solar efectiva que incide sobre los captadores se han tenido en cuenta los siguientes parámetros:

Orientación	S(180°)
Inclinación	35°

No se prevén sombras proyectadas sobre los captadores.

#### 2.1.4.- Dimensionamiento de la superficie de captación

El dimensionamiento de la superficie de captación se ha realizado mediante el método de las curvas 'f' (F-Chart), que permite realizar el cálculo de la cobertura solar y del rendimiento medio para periodos de cálculo mensuales y anuales.

Se asume un volumen de acumulación equivalente, de forma aproximada, a la carga de consumo diario promedio. La superficie de captación se dimensiona para conseguir una fracción solar anual superior al 60%.

El valor resultante para la superficie de captación es de 1.92 m<sup>2</sup>, y para el volumen de captación de 145 l.

Los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:



*Anexo-02.04: Energía solar térmica – Vivienda CTE*

Mes	Radiación global (MJ/m <sup>2</sup> )	Temperatura ambiente diaria (°C)	Demanda (MJ)	Energía auxiliar (MJ)	Fracción solar (%)
Enero	9.40	12	882.11	538.48	39
Febrero	12.56	12	780.49	392.31	50
Marzo	16.92	14	846.13	320.76	62
Abril	22.07	16	801.19	215.82	73
Mayo	24.91	19	791.91	175.77	78
Junio	27.54	22	731.54	106.35	85
Julio	27.83	25	719.94	67.44	91
Agosto	24.55	26	719.94	87.97	88
Septiembre	19.62	23	714.13	144.15	80
Octubre	14.36	19	792.15	280.03	65
Noviembre	10.12	15	818.83	435.77	47
Diciembre	8.17	12	864.12	554.38	36

**2.1.5.- Cálculo de la cobertura solar**

La energía producida no supera, en ningún mes, el 110% de la demanda de consumo, y no hay una demanda superior al 100% para tres meses consecutivos.

La cobertura solar anual conseguida mediante el sistema es igual al 65%.

**2.2.- Diseño del sistema intercambiador-acumulador**

La instalación consta de un circuito primario cerrado (instalación por termosifón) dotado de un sistema de captación (con una superficie total de captación de 2 m<sup>2</sup>) y con un intercambiador, incluido en el acumulador de la vivienda. Se ha previsto, además, la instalación de un sistema de energía auxiliar.

El volumen de acumulación se ha seleccionado cumpliendo con:

$$50 < (V/A) < 180$$

donde:

A: Suma de las áreas de los captadores.

V: Volumen de acumulación expresado en litros.

Unidad de ocupación	Modelo	Caudal l/h:	Pérdida de carga Pa:	Sup. intercambio m <sup>2</sup> :	Diámetro mm:	Altura (mm)	Vol. acumulación (l)
	Smart F1/TSS 150/FCB-2	180	0.0	1.70	580	1120	145
Total				1.70			145

La relación entre la superficie útil de intercambio del intercambiador incorporado y la superficie total de captación es superior a 0.15 e inferior o igual a 1.

**ANEXO 02.05: CUMPLIMIENTO RITE – VIVIENDA CTE****ÍNDICE:****1.- EXIGENCIAS TÉCNICAS****1.1.- Exigencia de bienestar e higiene**

- 1.1.1.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1
- 1.1.2.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del aire interior del apartado 1.4.2
- 1.1.3.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de higiene del apartado 1.4.3
- 1.1.4.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad acústica del apartado 1.4.4

**1.2.- Exigencia de eficiencia energética**

- 1.2.1.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío del apartado 1.2.4.1
- 1.2.2.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 1.2.4.2
- 1.2.3.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en el control de instalaciones térmicas del apartado 1.2.4.3
- 1.2.4.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía del apartado 1.2.4.5
- 1.2.5.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de aprovechamiento de energías renovables del apartado 1.2.4.6
- 1.2.6.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de limitación de la utilización de energía convencional del apartado 1.2.4.7
- 1.2.7.- Lista de los equipos consumidores de energía

**1.3.- Exigencia de seguridad**

- 1.3.1.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en generación de calor y frío del apartado 3.4.1.
- 1.3.2.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 3.4.2.
- 1.3.3.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de protección contra incendios del apartado 3.4.3.
- 1.3.4.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad y utilización del apartado 3.4.4.

## 1.- EXIGENCIAS TÉCNICAS

Las instalaciones térmicas del edificio objeto del presente proyecto han sido diseñadas y calculadas de forma que:

- Se obtiene una calidad térmica del ambiente, una calidad del aire interior y una calidad de la dotación de agua caliente sanitaria que son aceptables para los usuarios de la vivienda sin que se produzca menoscabo de la calidad acústica del ambiente, cumpliendo la exigencia de bienestar e higiene.
- Se reduce el consumo de energía convencional de las instalaciones térmicas y, como consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, cumpliendo la exigencia de eficiencia energética.
- Se previene y reduce a límites aceptables el riesgo de sufrir accidentes y siniestros capaces de producir daños o perjuicios a las personas, flora, fauna, bienes o al medio ambiente, así como de otros hechos susceptibles de producir en los usuarios molestias o enfermedades, cumpliendo la exigencia de seguridad.

### 1.1.- Exigencia de bienestar e higiene

#### 1.1.1.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del ambiente del apartado 1.4.1

La exigencia de calidad térmica del ambiente se considera satisfecha en el diseño y dimensionamiento de la instalación térmica. Por tanto, todos los parámetros que definen el bienestar térmico se mantienen dentro de los valores establecidos.

En la siguiente tabla aparecen los límites que cumplen en la zona ocupada.

Parámetros	Límite
Temperatura operativa en verano (°C)	$23 \leq T \leq 25$
Humedad relativa en verano (%)	$45 \leq HR \leq 60$
Temperatura operativa en invierno (°C)	$21 \leq T \leq 23$
Humedad relativa en invierno (%)	$40 \leq HR \leq 50$
Velocidad media admisible con difusión por mezcla (m/s)	$V \leq 0.14$

A continuación se muestran los valores de condiciones interiores de diseño utilizadas en el proyecto:

Referencia	Condiciones interiores de diseño		
	Temperatura de verano	Temperatura de invierno	Humedad relativa interior
Baño no calefactado	24	21	50
Cocina	24	21	50
Dormitorios	24	21	50
Estar - comedor	24	21	50
Pasillos o distribuidores	24	21	50

#### 1.1.2.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad del aire interior del apartado 1.4.2

##### 1.1.2.1.- Categorías de calidad del aire interior

La instalación proyectada se incluye en un edificio de viviendas, por tanto se han considerado los requisitos de calidad de aire interior establecidos en la sección HS 3 del Código Técnico de la Edificación.

##### 1.1.2.2.- Caudal mínimo de aire exterior

El caudal mínimo de aire exterior de ventilación necesario se calcula según el método indirecto de caudal de aire exterior por persona y el método de caudal de aire por unidad de superficie, especificados en la instrucción técnica I.T.1.1.4.2.3.

#### 1.1.3.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de higiene del apartado 1.4.3

La temperatura de preparación del agua caliente sanitaria se ha diseñado para que sea compatible con su uso, considerando las pérdidas de temperatura en la red de tuberías.

*Anexo-02.05: Cumplimiento R.I.T.E. – Vivienda CTE*

La instalación interior de ACS se ha dimensionado según las especificaciones establecidas en el Documento Básico HS-4 del Código Técnico de la Edificación.

**1.1.4.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de calidad acústica del apartado 1.4.4**

La instalación térmica cumple con la exigencia básica HR Protección frente al ruido del CTE conforme a su documento básico.

**1.2.- Exigencia de eficiencia energética****1.2.1.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en la generación de calor y frío del apartado 1.2.4.1****1.2.1.1.- Generalidades**

Las unidades de producción del proyecto utilizan energías convencionales ajustándose a la carga máxima simultánea de las instalaciones servidas considerando las ganancias o pérdidas de calor a través de las redes de tuberías de los fluidos portadores, así como el equivalente térmico de la potencia absorbida por los equipos de transporte de fluidos.

**1.2.1.2.- Cargas térmicas****1.2.1.2.1.- Cargas máximas simultáneas**

A continuación se muestra el resumen de la carga máxima simultánea para cada uno de los conjuntos de recintos:

**Refrigeración**

Conjunto: Vivienda TFM													
Recinto	Planta	Subtotales			Carga interna		Ventilación			Potencia térmica			
		Estructura I (kcal/h)	Sensible interior (kcal/h)	Total interior (kcal/h)	Sensibl e (kcal/h)	Total (kcal/h)	Caudal (m <sup>3</sup> /h )	Sensibl e (kcal/h)	Carga total (kcal/h)	Por superficie (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))	Sensibl e (kcal/h)	Máxima simultánea (kcal/h)	Máxima (kcal/h)
Estar-Comedor-Paso1	Planta baja	2633.63	293.35	323.35	3014.7 9	3044.7 9	0.00	0.00	0.00	77.56	3014.7 9	3044.79	3044.7 9
Dormitorio-1	Planta baja	41.45	151.11	211.11	198.34	258.34	0.00	0.00	0.00	26.62	198.34	54.26	258.34
Dormitorio-2	Planta 1	58.23	157.99	217.99	222.70	282.70	0.00	0.00	0.00	24.94	222.70	41.44	282.70
Dormitorio-3	Planta 1	56.10	162.57	222.57	225.24	285.24	0.00	0.00	0.00	22.96	225.24	25.31	285.24
Dormitorio-Principal	Planta 1	491.42	99.23	129.23	608.37	638.37	0.00	0.00	0.00	37.30	608.37	601.12	638.37
Paso-2	Planta 1	189.63	460.13	490.13	669.25	699.25	0.00	0.00	0.00	40.26	669.25	661.55	699.25
<b>Total</b>							<b>0.0</b>	<b>Carga total simultánea</b>				<b>4428.5</b>	

**Calefacción**

Conjunto: Vivienda TFM								
Recinto	Planta	Carga interna sensible (kcal/h)	Ventilación		Potencia			
			Caudal (m <sup>3</sup> /h)	Carga total (kcal/h)	Por superficie (kcal/(h·m <sup>2</sup> ))	Máxima simultánea (kcal/h)	Máxima (kcal/h)	
Estar-Comedor-Paso1	Planta baja	1332.24	0.00	0.00	33.93	1332.24	1332.24	
Dormitorio-1	Planta baja	349.46	0.00	0.00	36.01	349.46	349.46	
Dormitorio-2	Planta 1	341.51	0.00	0.00	30.12	341.51	341.51	
Dormitorio-3	Planta 1	402.86	0.00	0.00	32.42	402.86	402.86	
Dormitorio-Principal	Planta 1	507.27	0.00	0.00	29.64	507.27	507.27	
Paso-2	Planta 1	567.91	0.00	0.00	32.70	567.91	567.91	
<b>Total</b>			<b>0.0</b>	<b>Carga total simultánea</b>		<b>3501.2</b>		

En el anexo aparece el cálculo de la carga térmica para cada uno de los recintos de la instalación.

**1.2.1.2.2.- Cargas parciales y mínimas**

Se muestran a continuación las demandas parciales por meses para cada uno de los conjuntos de recintos.

Refrigeración:

Conjunto de recintos	Carga máxima simultánea por mes (kW)											
	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12
Vivienda TFM	4.98	4.90	4.47	3.03	3.26	3.47	3.59	3.56	3.68	4.59	5.15	5.07

Calefacción:

Conjunto de recintos	Carga máxima simultánea por mes (kW)		
	Diciembre	Enero	Febrero
Vivienda TFM	4.07	4.07	4.07

### 1.2.2.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 1.2.4.2

#### 1.2.2.1.- Eficiencia energética de los motores eléctricos

Los motores eléctricos utilizados en la instalación quedan excluidos de la exigencia de rendimiento mínimo, según el punto 3 de la instrucción técnica I.T. 1.2.4.2.6.

#### 1.2.2.2.- Redes de tuberías

El trazado de las tuberías se ha diseñado teniendo en cuenta el horario de funcionamiento de cada subsistema, la longitud hidráulica del circuito y el tipo de unidades terminales servidas.

### 1.2.3.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de eficiencia energética en el control de instalaciones térmicas del apartado 1.2.4.3

#### 1.2.3.1.- Generalidades

La instalación térmica proyectada está dotada de los sistemas de control automático necesarios para que se puedan mantener en los recintos las condiciones de diseño previstas.

#### 1.2.3.2.- Control de las condiciones termohigrométricas

El equipamiento mínimo de aparatos de control de las condiciones de temperatura y humedad relativa de los recintos, según las categorías descritas en la tabla 2.4.2.1, es el siguiente:

THM-C1:

Variación de la temperatura del fluido portador (agua-aire) en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.

Además, en los sistemas de calefacción por agua en viviendas se incluye una válvula termostática en cada una de las unidades terminales de los recintos principales.

THM-C2:

Como THM-C1, más el control de la humedad relativa media o la del local más representativo.

THM-C3:

Como THM-C1, más variación de la temperatura del fluido portador frío en función de la temperatura exterior y/o control de la temperatura del ambiente por zona térmica.

THM-C4:

Como THM-C3, más control de la humedad relativa media o la del recinto más representativo.

THM-C5:

Como THM-C3, más control de la humedad relativa en locales.

A continuación se describe el sistema de control empleado para cada conjunto de recintos:

Conjunto de recintos	Sistema de control
Vivienda TFM	THM-C1

### 1.2.3.3.- Control de la calidad del aire interior en las instalaciones de climatización

El control de la calidad de aire interior puede realizarse por uno de los métodos descritos en la tabla 2.4.3.2.

Categoría	Tipo	Descripción
IDA-C1		El sistema funciona continuamente
IDA-C2	Control manual	El sistema funciona manualmente, controlado por un interruptor
IDA-C3	Control por tiempo	El sistema funciona de acuerdo a un determinado horario
IDA-C4	Control por presencia	El sistema funciona por una señal de presencia
IDA-C5	Control por ocupación	El sistema funciona dependiendo del número de personas presentes
IDA-C6	Control directo	El sistema está controlado por sensores que miden parámetros de calidad del aire interior

Se ha empleado en el proyecto el método IDA-C1.

### 1.2.4.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de recuperación de energía del apartado 1.2.4.5

#### 1.2.4.1.- Zonificación

El diseño de la instalación ha sido realizado teniendo en cuenta la zonificación, para obtener un elevado bienestar y ahorro de energía. Los sistemas se han dividido en subsistemas, considerando los espacios interiores y su orientación, así como su uso, ocupación y horario de funcionamiento.

### 1.2.5.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de aprovechamiento de energías renovables del apartado 1.2.4.6

La instalación térmica destinada a la producción de agua caliente sanitaria cumple con la exigencia básica CTE HE 4 'Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria' mediante la justificación de su documento básico.

### 1.2.6.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de limitación de la utilización de energía convencional del apartado 1.2.4.7

Se enumeran los puntos para justificar el cumplimiento de esta exigencia:

- El sistema de calefacción empleado no es un sistema centralizado que utilice la energía eléctrica por "efecto Joule".
- No se ha climatizado ninguno de los recintos no habitables incluidos en el proyecto.
- No se realizan procesos sucesivos de enfriamiento y calentamiento, ni se produce la interacción de dos fluidos con temperatura de efectos opuestos.
- No se contempla en el proyecto el empleo de ningún combustible sólido de origen fósil en las instalaciones térmicas.

### 1.2.7.- Lista de los equipos consumidores de energía

Se incluye a continuación un resumen de todos los equipos proyectados, con su consumo de energía.

## Sistema de expansión directa

Equipos	Referencia
Tipo 1	Unidad exterior de aire acondicionado, sistema aire-aire multi-split, para gas R-410A, bomba de calor, alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia frigorífica nominal 12,5 kW (temperatura de bulbo seco 35°C, temperatura de bulbo húmedo 24°C), potencia calorífica nominal 13,5 kW (temperatura de bulbo húmedo 6°C), con compresor con tecnología Inverter, de 945x970x370 mm, nivel sonoro 57 dBA y caudal de aire 4500 m³/h, con control de condensación y posibilidad de integración en un sistema domótico o control Wi-Fi a través de un interface (no incluido en este precio)
Tipo 2	Unidad interior de aire acondicionado, de pared, sistema aire-aire multi-split, para gas R-410A, bomba de calor, alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia frigorífica nominal 6 kW (temperatura de bulbo seco 27°C, temperatura de bulbo húmedo 19°C), potencia calorífica nominal 6,8 kW (temperatura de bulbo seco 20°C), de 309x890x220 mm, nivel sonoro (velocidad baja) 29 dBA, caudal de aire (velocidad alta) 870 m³/h, con filtro enzimático y filtro desodorizante, control inalámbrico, con programador semanal, modelo Weekly Timer y posibilidad de integración en un sistema domótico o control Wi-Fi a través de un interface (no incluido en este precio)
Tipo 3	Unidad interior de aire acondicionado, de pared, sistema aire-aire multi-split, para gas R-410A, bomba de calor, alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia frigorífica nominal 2 kW (temperatura de bulbo seco 27°C, temperatura de bulbo húmedo 19°C), potencia calorífica nominal 3 kW (temperatura de bulbo seco 20°C), de 294x798x229 mm, nivel sonoro (velocidad baja) 21 dBA, caudal de aire (velocidad alta) 468 m³/h, con filtro enzimático y filtro desodorizante, control inalámbrico, con programador semanal, modelo Weekly Timer y posibilidad de integración en un sistema domótico o control Wi-Fi a través de un interface (no incluido en este precio)

**1.3.- Exigencia de seguridad****1.3.1.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en generación de calor y frío del apartado 3.4.1.****1.3.1.1.- Condiciones generales**

Los generadores de calor y frío utilizados en la instalación cumplen con lo establecido en la instrucción técnica 1.3.4.1.1 Condiciones generales del RITE.

**1.3.1.2.- Salas de máquinas**

El ámbito de aplicación de las salas de máquinas, así como las características comunes de los locales destinados a las mismas, incluyendo sus dimensiones y ventilación, se ha dispuesto según la instrucción técnica 1.3.4.1.2 Salas de máquinas del RITE.

**1.3.1.3.- Chimeneas**

La evacuación de los productos de la combustión de las instalaciones térmicas del edificio se realiza de acuerdo a la instrucción técnica 1.3.4.1.3 Chimeneas, así como su diseño y dimensionamiento y la posible evacuación por conducto con salida directa al exterior o al patio de ventilación.

**1.3.1.4.- Almacenamiento de biocombustibles sólidos**

No se ha seleccionado en la instalación ningún productor de calor que utilice biocombustible.

**1.3.2.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad en las redes de tuberías y conductos de calor y frío del apartado 3.4.2.****1.3.2.1.- Alimentación**

La alimentación de los circuitos cerrados de la instalación térmica se realiza mediante un dispositivo que sirve para reponer las pérdidas de agua.

El diámetro de la conexión de alimentación se ha dimensionado según la siguiente tabla:

Potencia térmica nominal (kW)	Calor	Frio
	DN (mm)	DN (mm)
$P \leq 70$	15	20
$70 < P \leq 150$	20	25
$150 < P \leq 400$	25	32
$400 < P$	32	40

**1.3.2.2.- Vaciado y purga**

Las redes de tuberías han sido diseñadas de tal manera que pueden vaciarse de forma parcial y total. El vaciado total se hace por el punto accesible más bajo de la instalación con un diámetro mínimo según la siguiente tabla:

Potencia térmica nominal (kW)	Calor	Frio
	DN (mm)	DN (mm)
$P \leq 70$	20	25
$70 < P \leq 150$	25	32
$150 < P \leq 400$	32	40
$400 < P$	40	50

Los puntos altos de los circuitos están provistos de un dispositivo de purga de aire.

**1.3.2.3.- Expansión y circuito cerrado**

Los circuitos cerrados de agua de la instalación están equipados con un dispositivo de expansión de tipo cerrado, que permite absorber, sin dar lugar a esfuerzos mecánicos, el volumen de dilatación del fluido.

El diseño y el dimensionamiento de los sistemas de expansión y las válvulas de seguridad incluidos en la obra se han realizado según la norma UNE 100155.

**1.3.2.4.- Dilatación, golpe de ariete, filtración**

Las variaciones de longitud a las que están sometidas las tuberías debido a la variación de la temperatura han sido compensadas según el procedimiento establecido en la instrucción técnica 1.3.4.2.6 Dilatación del RITE.

La prevención de los efectos de los cambios de presión provocados por maniobras bruscas de algunos elementos del circuito se realiza conforme a la instrucción técnica 1.3.4.2.7 Golpe de ariete del RITE.

Cada circuito se protege mediante un filtro con las propiedades impuestas en la instrucción técnica 1.3.4.2.8 Filtración del RITE.

**1.3.2.5.- Conductos de aire**

El cálculo y el dimensionamiento de la red de conductos de la instalación, así como elementos complementarios (plenums, conexión de unidades terminales, pasillos, tratamiento de agua, unidades terminales) se ha realizado conforme a la instrucción técnica 1.3.4.2.10 Conductos de aire del RITE.

**1.3.3.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de protección contra incendios del apartado 3.4.3.**

Se cumple la reglamentación vigente sobre condiciones de protección contra incendios que es de aplicación a la instalación térmica.



**1.3.4.- Justificación del cumplimiento de la exigencia de seguridad y utilización del apartado 3.4.4.**

Ninguna superficie con la que existe posibilidad de contacto accidental, salvo las superficies de los emisores de calor, tiene una temperatura mayor que 60 °C.

Las superficies calientes de las unidades terminales que son accesibles al usuario tienen una temperatura menor de 80 °C.

La accesibilidad a la instalación, la señalización y la medición de la misma se ha diseñado conforme a la instrucción técnica 1.3.4.4 Seguridad de utilización del RITE.

**ANEXO 02.06: PRESUPUESTO COMPONENTES – VIVIENDA CTE****Presupuesto parcial nº 1 Fachada**

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
1.1	M <sup>2</sup>	Encalado tradicional con cal, sobre paramentos horizontales y verticales exteriores de mortero, piedra o ladrillo, limpieza previa del soporte, mano de fondo y dos manos de acabado.			
		Total m <sup>2</sup> .....:	169,790	2,42	410,89
1.2	M <sup>2</sup>	Enfoscado de cemento, a buena vista, aplicado sobre un paramento vertical exterior, acabado superficial rugoso, con mortero de cemento M-5, previa colocación de malla antiálcalis en cambios de material y en los frentes de forjado.			
		Total m <sup>2</sup> .....:	169,790	14,42	2.448,37
1.3	M <sup>2</sup>	Hoja exterior de cerramiento de fachada, de 11,5 cm de espesor de fábrica, de ladrillo cerámico hueco triple, para revestir, 24x11,5x11,5 cm, recibida con mortero de cemento industrial, color gris, M-5, suministrado a granel; revestimiento de los frentes de forjado con piezas cerámicas, colocadas con mortero de alta adherencia, formación de dinteles mediante obra de fábrica con armadura de acero corrugado.			
		Total m <sup>2</sup> .....:	169,790	30,39	5.159,92
1.4	M <sup>2</sup>	Enfoscado de cemento, a buena vista, aplicado sobre un paramento vertical interior, hasta 3 m de altura, acabado superficial rugoso, con mortero de cemento M-5.			
		Total m <sup>2</sup> .....:	169,790	12,62	2.142,75
1.5	M <sup>2</sup>	Aislamiento por el interior en fachada de doble hoja de fábrica cara vista formado por panel rígido de poliestireno expandido, de superficie lisa y mecanizado lateral machihembrado, de 100 mm de espesor, fijado con pelladas de adhesivo cementoso.			
		Total m <sup>2</sup> .....:	169,790	9,58	1.626,59
1.6	M <sup>2</sup>	Hoja interior de cerramiento de fachada de 7 cm de espesor, de fábrica de ladrillo cerámico hueco doble, para revestir, 24x11,5x7 cm, recibida con mortero de cemento industrial, color gris, M-5, suministrado a granel; formación de dinteles mediante obra de fábrica sobre carpintería.			
		Total m <sup>2</sup> .....:	169,790	20,12	3.416,17
1.7	M <sup>2</sup>	Tendido de yeso de construcción B1 a buena vista, sobre paramento vertical, de hasta 3 m de altura, previa colocación de malla antiálcalis en cambios de material.			
		Total m <sup>2</sup> .....:	169,790	9,76	1.657,15
1.8	M <sup>2</sup>	Pintura plástica con textura lisa, color blanco, acabado mate, sobre paramentos horizontales y verticales interiores de yeso o escayola, mano de fondo con imprimación a base de copolímeros acrílicos en suspensión acuosa y dos manos de acabado con pintura plástica (rendimiento: 0,187 l/m <sup>2</sup> cada mano).			
		Total m <sup>2</sup> .....:	169,790	4,45	755,57
<b>Total presupuesto parcial nº 1 Fachada :</b>					<b>17.617,41</b>

## Presupuesto parcial nº 2 Sistema de ventilación

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
2.1	Ud	Suministro y montaje de aireador de paso, de aluminio, caudal máximo 15 l/s, de 725x20x82 mm, con silenciador acústico de espuma de resina de melamina y aislamiento acústico de 34 dBA, para colocar en puertas de paso interiores, entre el marco y la batiente de la puerta de paso interior de 700 mm de anchura de puerta y 80 mm de anchura de marco, para ventilación mecánica. Incluso accesorios de montaje. Totalmente montado.			
		Total Ud .....:	6,000	35,11	210,66
2.2	Ud	Suministro y montaje de aireador de admisión, de aluminio lacado en color a elegir de la carta RAL, caudal máximo 10 l/s, de 1200x80x12 mm, con abertura de 800x12 mm, aislamiento acústico de 39 dBA y filtro antipolución, para colocar en posición horizontal encima de la carpintería exterior de aluminio o PVC, hasta 80 mm de profundidad, para ventilación mecánica. Incluso accesorios de montaje. Totalmente montado.			
		Total Ud .....:	2,000	52,94	105,88
2.3	Ud	Suministro y montaje de boca de extracción, autorregulable, caudal máximo 21 l/s, aislamiento acústico de 39,8 dBA formada por rejilla color blanco, cuerpo de plástico color blanco de 150x33x150 mm con cuello de conexión de 125 mm de diámetro, junta de caucho y regulador de plástico con membrana de silicona y muelle de recuperación, para colocar en paredes o techos de locales húmedos (baño/aseo), al inicio del conducto de extracción, para ventilación mecánica. Incluso fijación al conducto de extracción y accesorios de montaje. Totalmente montada.			
		Total Ud .....:	5,000	24,67	123,35
2.4	Ud	Suministro y montaje de boca de extracción, autorregulable, caudal máximo 25 l/s, aislamiento acústico de 56 dBA formada por rejilla, cuerpo de plástico color blanco de 170 mm de diámetro exterior con cuello de conexión de 125 mm de diámetro y regulador de plástico, para colocar en paredes o techos de locales húmedos (cocina), al inicio del conducto de extracción, para ventilación mecánica. Incluso fijación al conducto de extracción y accesorios de montaje. Totalmente montada.			
		Total Ud .....:	2,000	18,29	36,58
2.5	Ud	Suministro y montaje en el extremo exterior del conducto de extracción (boca de expulsión) de ventilador helicoidal para tejado, con hélice de plástico reforzada con fibra de vidrio, cuerpo y sombrerete de aluminio, base de acero galvanizado y motor para alimentación monofásica a 230 V y 50 Hz de frecuencia, con protección térmica, aislamiento clase F, protección IP 65, de 835 r.p.m., potencia absorbida 0,22 kW, caudal máximo 3900 m³/h, nivel de presión sonora 52 dBA, con malla de protección contra la entrada de hojas y pájaros, para conducto de extracción de 450 mm de diámetro. Incluso accesorios y elementos de fijación. Totalmente montado, conexionado y probado.			
		Total Ud .....:	1,000	1.103,92	1.103,92
2.6	M	Suministro y colocación de conducto circular para instalación de ventilación formado por tubo de chapa de acero galvanizado de pared simple helicoidal, de 135 mm de diámetro y 0,5 mm de espesor, colocado en posición vertical. Incluso p/p de recorte de materiales, uniones, refuerzos, embocaduras, tapas de registro, elementos de fijación, conexiones, accesorios y piezas especiales, sin incluir compuertas de regulación o cortafuego, ni rejillas y difusores. Totalmente montado, conexionado y probado por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).			
		Total m .....:	6,770	13,39	90,65
2.7	M	Suministro y colocación de conducto circular para instalación de ventilación formado por tubo de chapa de acero galvanizado de pared simple helicoidal, de 200 mm de diámetro y 0,5 mm de espesor, colocado en posición vertical. Incluso p/p de recorte de materiales, uniones, refuerzos, embocaduras, tapas de registro, elementos de fijación, conexiones, accesorios y piezas especiales, sin incluir compuertas de regulación o cortafuego, ni rejillas y difusores. Totalmente montado, conexionado y probado por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).			
		Total m .....:	0,570	19,33	11,02
2.8	M	Suministro y colocación de conducto circular para instalación de ventilación formado por tubo de chapa de acero galvanizado de pared simple helicoidal, de 100 mm de diámetro y 0,5 mm de espesor, colocado en posición horizontal. Incluso p/p de recorte de materiales, uniones, refuerzos, embocaduras, tapas de registro, elementos de fijación, conexiones, accesorios y piezas especiales, sin incluir compuertas de regulación o cortafuego, ni rejillas y difusores. Totalmente montado, conexionado y probado por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).			
		Total m .....:	7,070	8,17	57,76

**Presupuesto parcial nº 2 Sistema de ventilación**

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
2.9	M	Suministro y colocación de conducto circular para instalación de ventilación formado por tubo de chapa de acero galvanizado de pared simple helicoidal, de 125 mm de diámetro y 0,5 mm de espesor, colocado en posición horizontal. Incluso p/p de recorte de materiales, uniones, refuerzos, embocaduras, tapas de registro, elementos de fijación, conexiones, accesorios y piezas especiales, sin incluir compuertas de regulación o cortafuego, ni rejillas y difusores. Totalmente montado, conexionado y probado por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).			
Total m .....:			1,000	10,15	10,15
Total presupuesto parcial nº 2 Sistema de ventilación :					1.749,97

## Presupuesto parcial nº 3 Sistema de climatización

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
3.1	M	Suministro e instalación de línea frigorífica doble realizada con tubería flexible de cobre sin soldadura, formada por un tubo para líquido de 1/4" de diámetro y 0,8 mm de espesor con aislamiento de 9 mm de espesor y un tubo para gas de 3/8" de diámetro y 0,8 mm de espesor con aislamiento de 9 mm de espesor, teniendo el cobre un contenido de aceite residual inferior a 4 mg/m y siendo el aislamiento de coquilla flexible de espuma elastomérica con revestimiento superficial de película de polietileno, para una temperatura de trabajo entre -45 y 100°C, suministrada en rollo, para conexión entre las unidades interior y exterior. Incluso p/p de cortes, eliminación de rebabas, protección de los extremos con cinta aislante, realización de curvas, abocardado, vaciado del circuito, carga de gas refrigerante, accesorios, sifones, soportes y fijaciones. Totalmente montada, conexionada y probada.			
		Total m .....:	55,610	15,14	841,94
3.2	M	Suministro e instalación de línea frigorífica doble realizada con tubería flexible de cobre sin soldadura, formada por un tubo para líquido de 1/4" de diámetro y 0,8 mm de espesor con aislamiento de 9 mm de espesor y un tubo para gas de 1/2" de diámetro y 0,8 mm de espesor con aislamiento de 10 mm de espesor, teniendo el cobre un contenido de aceite residual inferior a 4 mg/m y siendo el aislamiento de coquilla flexible de espuma elastomérica con revestimiento superficial de película de polietileno, para una temperatura de trabajo entre -45 y 100°C, suministrada en rollo, para conexión entre las unidades interior y exterior. Incluso p/p de cortes, eliminación de rebabas, protección de los extremos con cinta aislante, realización de curvas, abocardado, vaciado del circuito, carga de gas refrigerante, accesorios, sifones, soportes y fijaciones. Totalmente montada, conexionada y probada.			
		Total m .....:	16,730	16,40	274,37
3.3	Ud	Suministro e instalación de unidad interior de aire acondicionado, de pared, sistema aire-aire multi-split, para gas R-410A, bomba de calor, alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia frigorífica nominal 2 kW (temperatura de bulbo seco 27°C, temperatura de bulbo húmedo 19°C), potencia calorífica nominal 3 kW (temperatura de bulbo seco 20°C), de 294x798x229 mm, nivel sonoro (velocidad baja) 21 dBA, caudal de aire (velocidad alta) 468 m³/h, con filtro enzimático y filtro desodorizante, control inalámbrico, con programador semanal, modelo Weekly Timer y posibilidad de integración en un sistema domótico o control Wi-Fi a través de un interface (no incluido en este precio). Totalmente montada, conexionada y puesta en marcha por la empresa instaladora para la comprobación de su correcto funcionamiento.			
		Total Ud .....:	5,000	408,80	2.044,00
3.4	Ud	Suministro e instalación de unidad interior de aire acondicionado, de pared, sistema aire-aire multi-split, para gas R-410A, bomba de calor, alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia frigorífica nominal 6 kW (temperatura de bulbo seco 27°C, temperatura de bulbo húmedo 19°C), potencia calorífica nominal 6,8 kW (temperatura de bulbo seco 20°C), de 309x890x220 mm, nivel sonoro (velocidad baja) 29 dBA, caudal de aire (velocidad alta) 870 m³/h, con filtro enzimático y filtro desodorizante, control inalámbrico, con programador semanal, modelo Weekly Timer y posibilidad de integración en un sistema domótico o control Wi-Fi a través de un interface (no incluido en este precio). Totalmente montada, conexionada y puesta en marcha por la empresa instaladora para la comprobación de su correcto funcionamiento.			
		Total Ud .....:	1,000	937,35	937,35
3.5	Ud	Suministro e instalación de unidad exterior de aire acondicionado, sistema aire-aire multi-split, para gas R-410A, bomba de calor, alimentación monofásica (230V/50Hz), potencia frigorífica nominal 12,5 kW (temperatura de bulbo seco 35°C, temperatura de bulbo húmedo 24°C), potencia calorífica nominal 13,5 kW (temperatura de bulbo húmedo 6°C), con compresor con tecnología Inverter, de 945x970x370 mm, nivel sonoro 57 dBA y caudal de aire 4500 m³/h, con control de condensación y posibilidad de integración en un sistema domótico o control Wi-Fi a través de un interface (no incluido en este precio). Incluso elementos antivibratorios y soportes de apoyo. Totalmente montada, conexionada y puesta en marcha por la empresa instaladora para la comprobación de su correcto funcionamiento.			
		Total Ud .....:	1,000	4.124,07	4.124,07
Total presupuesto parcial nº 3 Sistema de climatización :					8.221,73

**Presupuesto parcial nº 4 Carpintería**

<b>Nº</b>	<b>Ud</b>	<b>Descripción</b>	<b>Medición</b>	<b>Precio</b>	<b>Importe</b>
4.1	Ud	Carpintería de aluminio, anodizado natural, para conformado de puerta de aluminio, abisagrada plegable de apertura hacia el interior, de 275x265 cm, serie básica, formada por tres hojas, y con premarco.			
		Total Ud .....:	2,000	630,90	1.261,80
4.2	Ud	Carpintería de aluminio, anodizado natural, para conformado de fijo de aluminio, de 185x265 cm, serie básica, formada por una hoja, y con premarco.			
		Total Ud .....:	1,000	323,03	323,03
4.3	Ud	Carpintería de aluminio, anodizado natural, para conformado de fijo de aluminio, de 75x250 cm, serie básica, formada por una hoja, y con premarco.			
		Total Ud .....:	1,000	280,29	280,29
4.4	Ud	Carpintería de aluminio, anodizado natural, para conformado de puerta de aluminio, abisagrada practicable de apertura hacia el interior, de 75x250 cm, con fijo lateral de 100x250 cm, serie básica, formada por una hoja, y con premarco.			
		Total Ud .....:	3,000	416,65	1.249,95
4.5	Ud	Carpintería de aluminio, anodizado natural, para conformado de puerta de aluminio, abisagrada practicable de apertura hacia el interior, de 175x220 cm, serie básica, formada por dos hojas, y con premarco.			
		Total Ud .....:	2,000	439,33	878,66
4.6	Ud	Carpintería de aluminio, anodizado natural, para conformado de fijo de aluminio, de 145x50 cm, serie básica, formada por una hoja, y con premarco.			
		Total Ud .....:	1,000	222,39	222,39
4.7	Ud	Carpintería de aluminio, anodizado natural, para conformado de ventana de aluminio, corredera simple, de 150x50 cm, serie básica, formada por dos hojas, y con premarco.			
		Total Ud .....:	2,000	273,71	547,42
4.8	Ud	Carpintería de aluminio, anodizado natural, para conformado de ventana de aluminio, corredera simple, de 175x220 cm, serie básica, formada por dos hojas, y con premarco.			
		Total Ud .....:	2,000	398,93	797,86
4.9	Ud	Carpintería de aluminio, anodizado natural, para conformado de puerta de aluminio, corredera simple, de 260x270 cm, serie básica, formada por dos hojas, y con premarco.			
		Total Ud .....:	1,000	455,20	455,20
4.10	Ud	C10-Carpintería de aluminio (Clase-1, U=3), anodizado natural, para conformado de ventana de aluminio, abisagrada oscilobatiente de apertura hacia el interior, de 85x50 cm, serie básica, formada por una hoja, y con premarco.			
		Total Ud .....:	1,000	273,45	273,45
4.11	Ud	C11-Carpintería de aluminio (Clase-1, U=3), anodizado natural, para conformado de puerta de aluminio, abisagrada practicable de apertura hacia el interior, de 100x230 cm, con fijo lateral de 70x230 cm, serie básica, formada por una hoja, y con premarco.			
		Total Ud .....:	1,000	424,22	424,22
<b>Total presupuesto parcial nº 4 Carpintería :</b>					<b>6.714,27</b>

### Presupuesto parcial nº 5 Vidrios

Nº	Ud	Descripción	Medición				Precio	Importe
5.1	M²	Vidrios Sur (U=1.4W/m2K, g=0.36: Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/10/8 LOW.S, fijado sobre carpintería con calzos y sellado continuo.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
C1			2	2,750		2,650	14,575	
C2			1	1,850		2,650	4,903	
C9			1	2,600		0,700	1,820	
C11			1	1,700		2,300	3,910	
							25,208	25,208
Total m² .....			25,208		134,68		3.395,01	
5.2	M²	Vidrios Norte, Este y Oeste (U=1.4W/m2K, g=0.16): Doble acristalamiento Solar.lite Control solar + LOW.S Baja emisividad térmica "CONTROL GLASS ACÚSTICO Y SOLAR", 8/10/8 LOW.S, fijado sobre carpintería con calzos y sellado continuo.o.	Uds.	Largo	Ancho	Alto	Parcial	Subtotal
C3			1	0,750		2,500	1,875	
C4			3	1,750		2,500	13,125	
C5			2	1,750		2,200	7,700	
C6			1	1,450		0,500	0,725	
C7			2	1,500		0,500	1,500	
C8			2	1,750		1,200	4,200	
C10			1	0,850		0,500	0,425	
							29,550	29,550
Total m² .....			29,550		134,68		3.979,79	
Total presupuesto parcial nº 5 Vidrios :								7.374,80

**Presupuesto parcial nº 6 Producción de ACS**

Nº	Ud	Descripción	Medición	Precio	Importe
6.1	Ud	Suministro e instalación de captador solar térmico por termosifón, completo, para instalación individual, modelo Smart F1/TSS 150/FCB-2 "JUNKERS", compuesto por: un panel modelo FCB-2 S CTE TSS, de 1032x2026x66 mm, superficie útil 1,92 m <sup>2</sup> , rendimiento óptico 0,71, coeficiente de pérdidas primario 3,861 W/m <sup>2</sup> K y coeficiente de pérdidas secundario 0,013 W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> , según UNE-EN 12975-2, compuesto de: caja de fibra de vidrio con chapa posterior de acero galvanizado y esquinas de plástico, cubierta protectora de vidrio, absorbedor selectivo recubierto con cromo negro, aislamiento térmico de lana mineral de 25 mm de espesor, estructura de soporte de aluminio para cubierta plana, kit de tuberías y accesorios de conexión de acero inoxidable, interacumulador horizontal modelo TS 150-1 de doble envoltente de 145 litros, con interior de acero esmaltado, exterior de acero galvanizado lacado en color blanco, aislamiento de poliuretano libre de CFC, ánodo de magnesio y vaso de expansión para el circuito primario. Totalmente montado, conexionado y probado.			
		Total Ud .....	1,000	1.504,45	1.504,45
6.2	M	Suministro e instalación de tubería de distribución de A.C.S. formada por tubo de polipropileno copolímero random (PP-R), de 32 mm de diámetro exterior, PN=10 atm y 2,9 mm de espesor, colocado superficialmente en el interior del edificio, con aislamiento mediante espuma elastomérica. Incluso p/p de material auxiliar para montaje y sujeción a la obra, accesorios y piezas especiales. Totalmente montada, conexionada y probada por la empresa instaladora mediante las correspondientes pruebas de servicio (incluidas en este precio).			
		Total m .....	9,730	21,62	210,36
6.3	Ud	Suministro e instalación de kit solar para conexión de calentador de agua a interacumulador de A.C.S. solar, compuesto por juego de válvulas termostáticas (desviadora y mezcladora), soporte para fijación a la pared y juego de latiguillos flexibles; incluso elementos de montaje y demás accesorios necesarios para su correcto funcionamiento. Totalmente montada, conexionada y probada.			
		Total Ud .....	1,000	214,24	214,24
6.4	Ud	Suministro e instalación de termo eléctrico para el servicio de A.C.S., mural vertical, resistencia blindada, capacidad 150 l, potencia 2200 W, de 1185 mm de altura y 505 mm de diámetro, formado por cuba de acero vitrificado, aislamiento de espuma de poliuretano, ánodo de sacrificio de magnesio, lámpara de control, termómetro y termostato de regulación para A.C.S. acumulada. Incluso soporte y anclajes de fijación, válvula de seguridad antirretorno, llaves de corte de esfera y latiguillos flexibles, tanto en la entrada de agua como en la salida. Totalmente montado, conexionado y probado.			
		Total Ud .....	1,000	504,95	504,95
<b>Total presupuesto parcial nº 6 Producción de ACS :</b>					<b>2.434,00</b>



## Presupuesto de ejecución material

<b>1 Fachada</b>	<b>17.617,41</b>
<b>2 Sistema de ventilación</b>	<b>1.749,97</b>
<b>3 Sistema de climatización</b>	<b>8.221,73</b>
<b>4 Carpintería</b>	<b>6.714,27</b>
<b>5 Vidrios</b>	<b>7.374,80</b>
<b>6 Producción de ACS</b>	<b>2.434,00</b>
<b>Total .....</b>	<b>44.112,18</b>

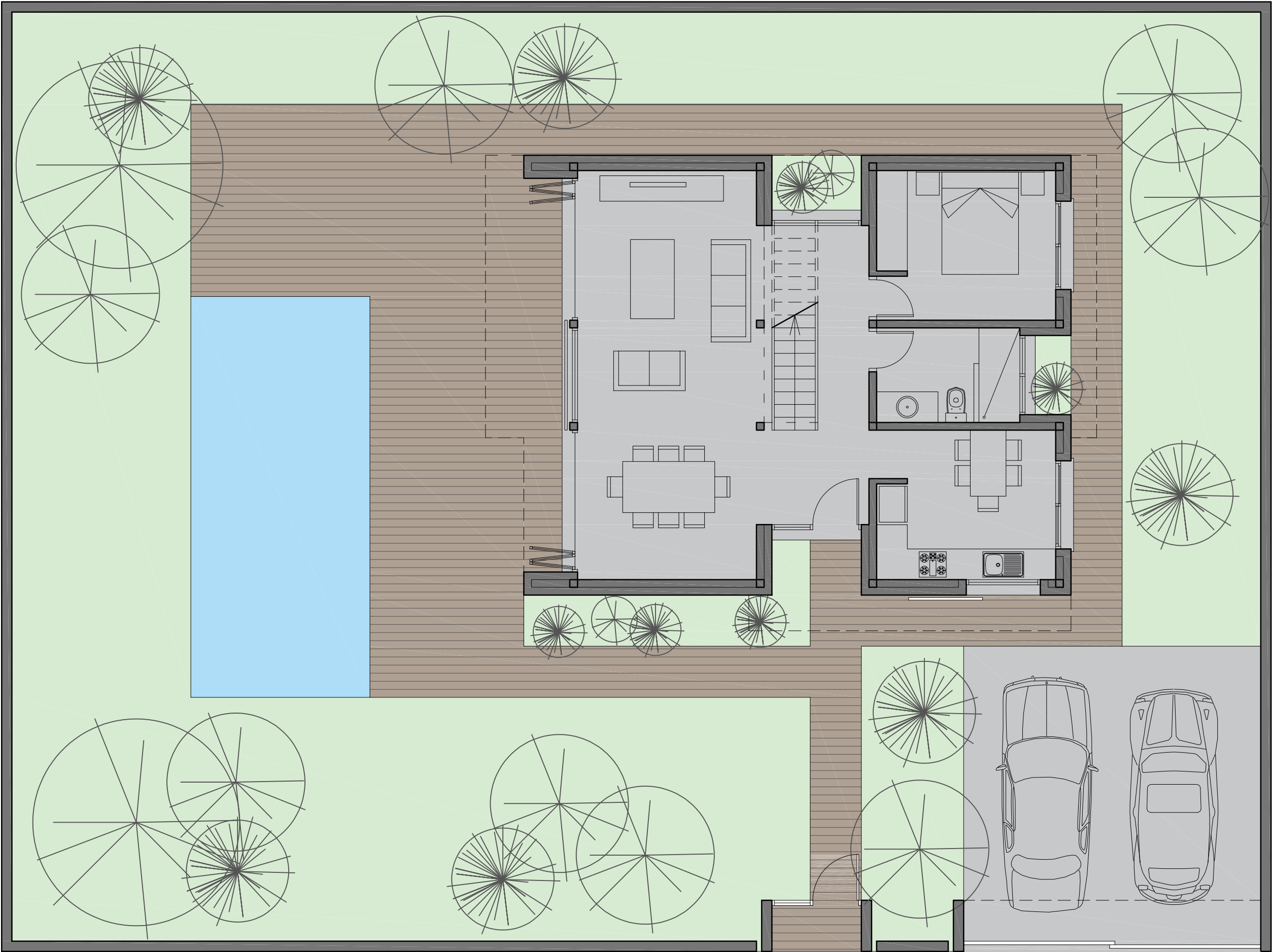
Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de CUARENTA Y CUATRO MIL CIENTO DOCE EUROS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS.

**ANEXO 02.07: PRESUPUESTO TOTAL – VIVIENDA CTE****PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL**

<b>CAPÍTULOS</b>	<b>€</b>	<b>€/M2</b>	<b>%</b>
<b>A</b> ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	3.116,04	17,10	1,61
<b>C</b> CIMENTACIONES	7.930,33	43,53	4,11
<b>E</b> ESTRUCTURAS	27.723,70	152,18	14,35
<b>F</b> FACHADAS Y PARTICIONES	17.241,80	94,64	8,93
<b>L</b> CARPINTERÍA, VIDRIOS Y PROTECCIONES SOLARES	9.527,89	52,30	4,93
<b>H</b> REMATES Y AYUDAS	5.431,16	29,81	2,81
<b>I</b> INSTALACIONES	25.993,43	142,68	13,46
<b>N</b> AISLAMIENTOS E IMPERMEABILIZACIONES	3.311,51	18,18	1,71
<b>Q</b> CUBIERTAS	9.036,15	49,60	4,68
<b>R</b> REVESTIMIENTOS Y TRASDOSADOS	28.472,47	156,29	14,74
<b>S</b> SEÑALIZACIÓN Y EQUIPAMIENTO	5.548,18	30,45	2,87
<b>G</b> GESTIÓN DE RESIDUOS	3.866,74	21,22	2,00
<b>X</b> CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS	5.766,15	31,65	2,98
<b>Y</b> SEGURIDAD Y SALUD	9.558,64	52,47	4,95
<b>TOTALES</b>	<b>162.524,19</b>	<b>892,06</b>	<b>84,13</b>
<b>U</b> URBANIZACIÓN INTERIOR DE LA PARCELA	30.658,12	168,28	15,87
<b>TOTAL</b>	<b>193.182,31</b>	<b>1.060,34</b>	<b>100,00</b>

## **Anexo - 03: PLANOS**

➤ NORTE



**ARQUITECTO:**  
FRANCISCO FERMÍN PRIETO GARCÍA  
FIRMA:

**TFM:**  
ESTUDIO DEL ESTÁNDAR  
PASSIVHAUS, APLICACIÓN Y  
COMPARATIVA CON EL CTE.

**PROYECTO:**  
VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA

UBICACIÓN:  
ALICANTE (ALICANTE)

**PLANO:**  
ESTÁNDAR PASSIVHAUS:

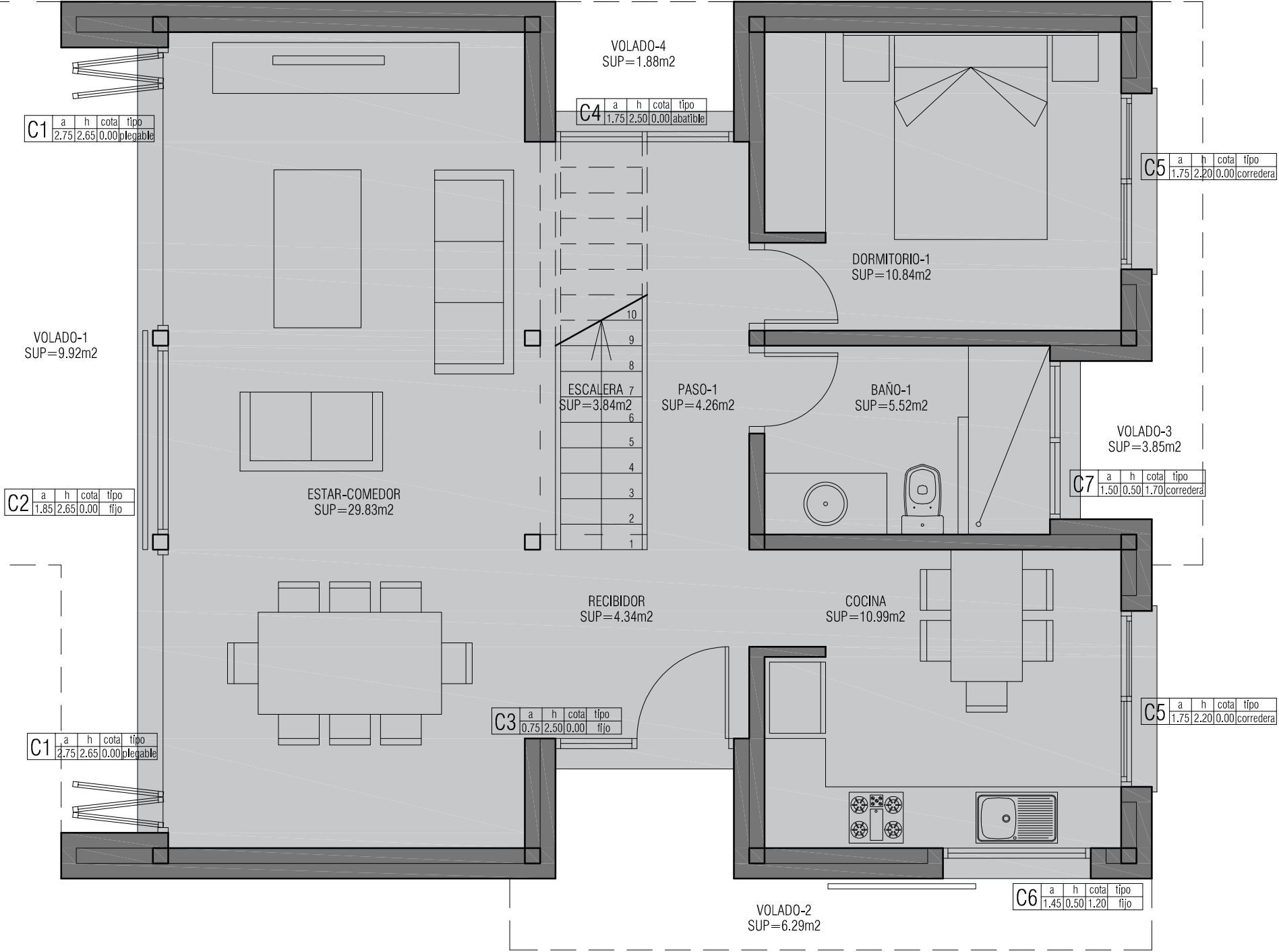
PLANTA GENERAL.

FECHA: JUNIO - 2017  
Nº PLANO:

**P-01**

ESCALA: 1:100

SUPERFICIE ÚTIL		
PLANTA	ESTANCIA	SUP (m2)
Baja	Recibidor	4.34
	Estar-comedo	29.83
	Cocina	10.99
	Paso-1	4.26
	Escalera	3.84
	Dormitorio-1	10.84
	Baño-1	5.52
Primera	Paso-2	6.34
	Paso-3	1.44
	Lavadora	0.72
	Estudio	8.02
	Dormitorio-2	12.40
	Dormitorio-3	13.45
	Dorm. Ppal.	14.65
	Vestidor	3.55
	Baño-2	5.22
	Baño ppal.	5.42
TOTAL		140.83



SUPERFICIE CONSTRUIDA				
PLANTA	ZONA	SUP (m2)	COMPUTA (%)	SUBTOTAL (m2)
Baja	Cerrado	81.40	100.00	81.40
	Volado-1	9.92	50.00	4.96
	Volado-2	6.29	50.00	3.15
	Volado-3	3.85	50.00	1.93
	Volado-4	1.88	50.00	0.94
Primera	Cerrado	89.81	100.00	89.81
TOTAL				182.18

**ARQUITECTO:**  
FRANCISCO FERMÍN PRIETO GARCÍA  
FIRMA:

**TFM:**  
ESTUDIO DEL ESTÁNDAR  
PASSIVHAUS, APLICACIÓN Y  
COMPARATIVA CON EL CTE.

**PROYECTO:**  
VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA

UBICACIÓN:  
ALICANTE (ALICANTE)

**PLANO:**  
ESTÁNDAR PASSIVHAUS:

PLANTA BAJA.

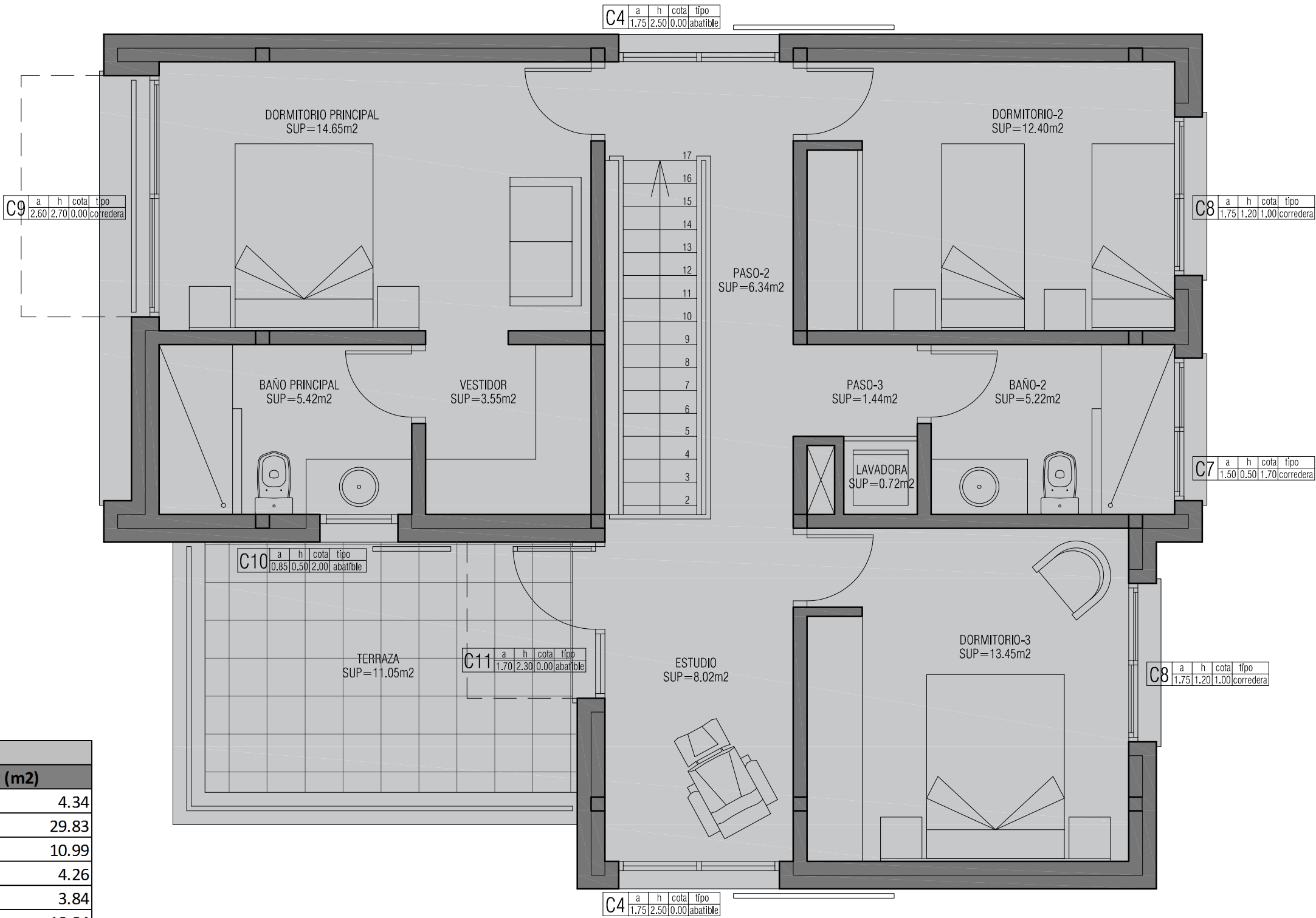
FECHA: JUNIO - 2017  
Nº PLANO:

**P-02**

ESCALA: 1:50

SUPERFICIE ÚTIL		
PLANTA	ESTANCIA	SUP (m2)
Baja	Recibidor	4.34
	Estar-comedo	29.83
	Cocina	10.99
	Paso-1	4.26
	Escalera	3.84
	Dormitorio-1	10.84
Primera	Baño-1	5.52
	Paso-2	6.34
	Paso-3	1.44
	Lavadora	0.72
	Estudio	8.02
	Dormitorio-2	12.40
	Dormitorio-3	13.45
	Dorm. Ppal.	14.65
	Vestidor	3.55
	Baño-2	5.22
	Baño ppal.	5.42
	TOTAL	140.83

SUPERFICIE CONSTRUIDA				
PLANTA	ZONA	SUP (m2)	COMPUTA (%)	SUBTOTAL (m2)
Baja	Cerrado	81.40	100.00	81.40
	Volado-1	9.92	50.00	4.96
	Volado-2	6.29	50.00	3.15
	Volado-3	3.85	50.00	1.93
	Volado-4	1.88	50.00	0.94
	Cerrado	89.81	100.00	89.81
TOTAL				182.18



**ARQUITECTO:**  
FRANCISCO FERMÍN PRIETO GARCÍA  
FIRMA:

**TFM:**  
ESTUDIO DEL ESTÁNDAR  
PASSIVHAUS, APLICACIÓN Y  
COMPARATIVA CON EL CTE.

**PROYECTO:**  
VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA

UBICACIÓN:  
ALICANTE (ALICANTE)

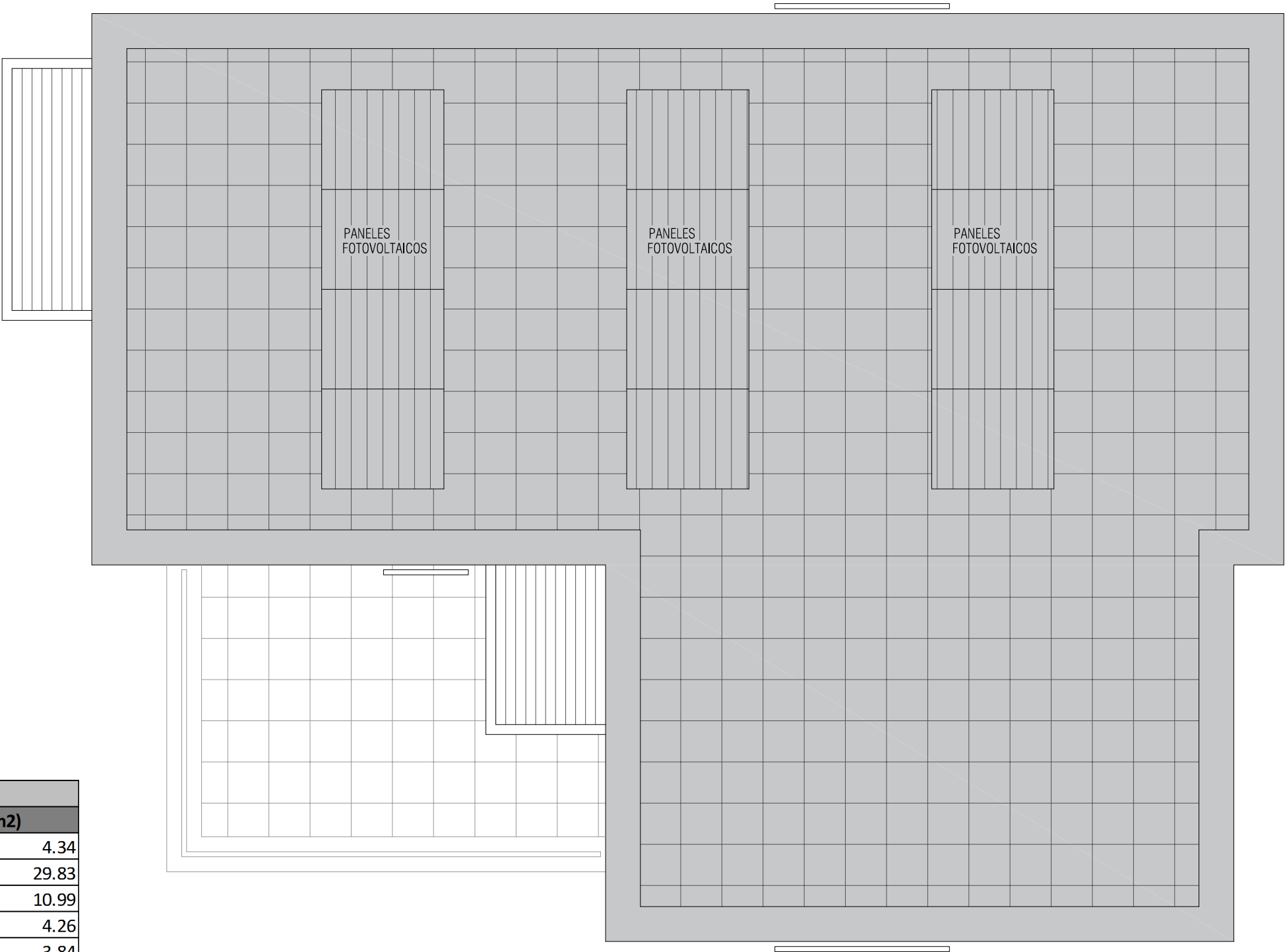
**PLANO:**  
ESTÁNDAR PASSIVHAUS:

PLANTA PRIMERA.

FECHA: JUNIO - 2017  
Nº PLANO:

**P-03**

ESCALA: 1:50



SUPERFICIE ÚTIL		
PLANTA	ESTANCIA	SUP (m2)
Baja	Recibidor	4.34
	Estar-comedo	29.83
	Cocina	10.99
	Paso-1	4.26
	Escalera	3.84
	Dormitorio-1	10.84
	Baño-1	5.52
Primera	Paso-2	6.34
	Paso-3	1.44
	Lavadora	0.72
	Estudio	8.02
	Dormitorio-2	12.40
	Dormitorio-3	13.45
	Dorm. Ppal.	14.65
	Vestidor	3.55
	Baño-2	5.22
	Baño ppal.	5.42
TOTAL		140.83

SUPERFICIE CONSTRUIDA				
PLANTA	ZONA	SUP (m2)	COMPUTA (%)	SUBTOTAL (m2)
Baja	Cerrado	81.40	100.00	81.40
	Volado-1	9.92	50.00	4.96
	Volado-2	6.29	50.00	3.15
	Volado-3	3.85	50.00	1.93
	Volado-4	1.88	50.00	0.94
Primera	Cerrado	89.81	100.00	89.81
TOTAL				182.18

ARQUITECTO:

FRANCISCO FERMÍN PRIETO GARCÍA

FIRMA:

TFM:

ESTUDIO DEL ESTÁNDAR  
PASSIVHAUS, APLICACIÓN Y  
COMPARATIVA CON EL CTE.

PROYECTO:

VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA

UBICACIÓN:

ALICANTE (ALICANTE)

PLANO:

ESTÁNDAR PASSIVHAUS:

PLANTA DE CUBIERTAS.

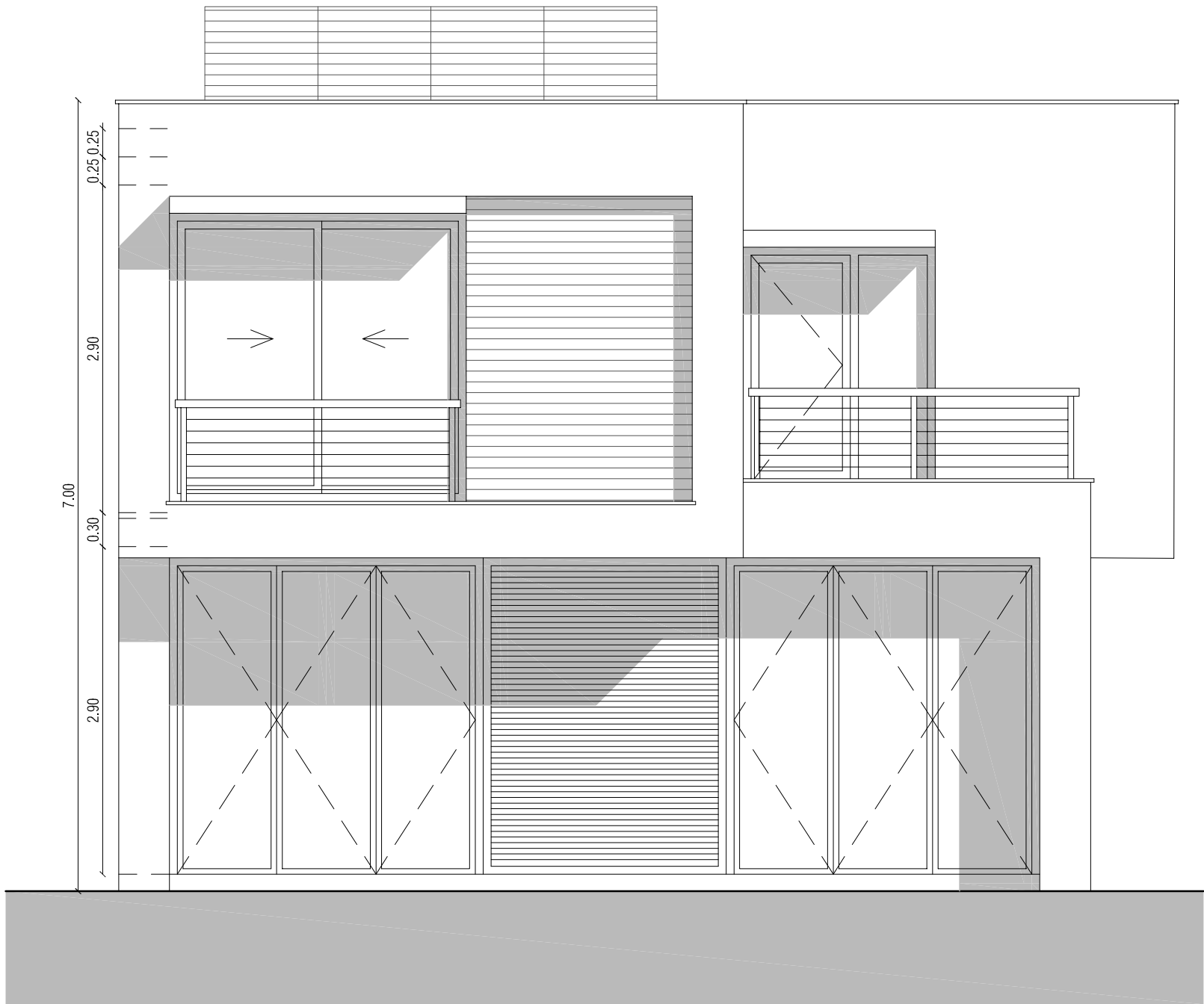
FECHA: JUNIO - 2017

Nº PLANO:

P-04

ESCALA:

1:50



**ARQUITECTO:**

FRANCISCO FERMÍN PRIETO GARCÍA

FIRMA:

**TFM:**

ESTUDIO DEL ESTÁNDAR  
PASSIVHAUS, APLICACIÓN Y  
COMPARATIVA CON EL CTE.

**PROYECTO:**

VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA

UBICACIÓN:

ALICANTE (ALICANTE)

**PLANO:**

ESTÁNDAR PASSIVHAUS:

ALZADO SUR.

FECHA:

JUNIO - 2017

Nº PLANO:

**P-05**

ESCALA:

1:50





**ARQUITECTO:**  
FRANCISCO FERMÍN PRIETO GARCÍA  
FIRMA:

**TFM:**  
ESTUDIO DEL ESTÁNDAR  
PASSIVHAUS, APLICACIÓN Y  
COMPARATIVA CON EL CTE.

**PROYECTO:**  
VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA

UBICACIÓN:  
ALICANTE (ALICANTE)

**PLANO:**  
ESTÁNDAR PASSIVHAUS:

ALZADO NORTE.

FECHA: JUNIO - 2017  
Nº PLANO:

**P-06**

ESCALA: 1:50



**ARQUITECTO:**

FRANCISCO FERMÍN PRIETO GARCÍA

FIRMA:

**TFM:**

ESTUDIO DEL ESTÁNDAR  
PASSIVHAUS, APLICACIÓN Y  
COMPARATIVA CON EL CTE.

**PROYECTO:**

VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA

UBICACIÓN:

ALICANTE (ALICANTE)

**PLANO:**

ESTÁNDAR PASSIVHAUS:

ALZADO ESTE.

FECHA:

JUNIO - 2017

Nº PLANO:

**P-07**

ESCALA:

1:50



**ARQUITECTO:**  
FRANCISCO FERMÍN PRIETO GARCÍA  
FIRMA:

**TFM:**  
ESTUDIO DEL ESTÁNDAR  
PASSIVHAUS, APLICACIÓN Y  
COMPARATIVA CON EL CTE.

**PROYECTO:**  
VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA

UBICACIÓN:  
ALICANTE (ALICANTE)

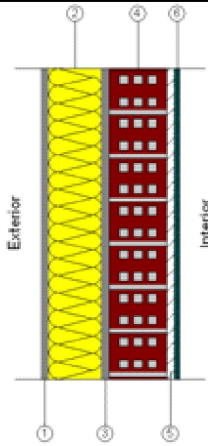
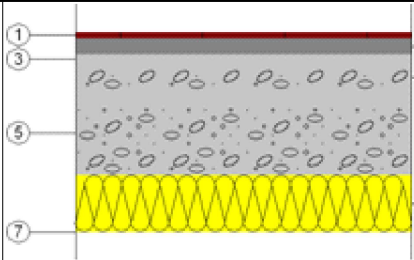
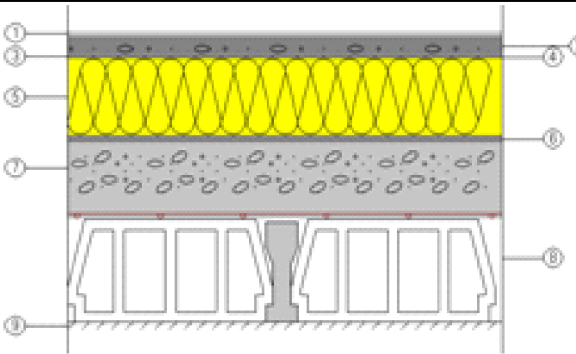
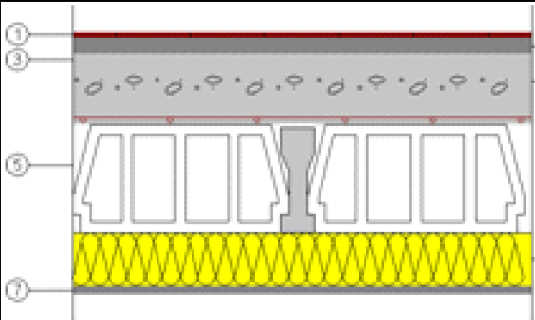
**PLANO:**  
ESTÁNDAR PASSIVHAUS:

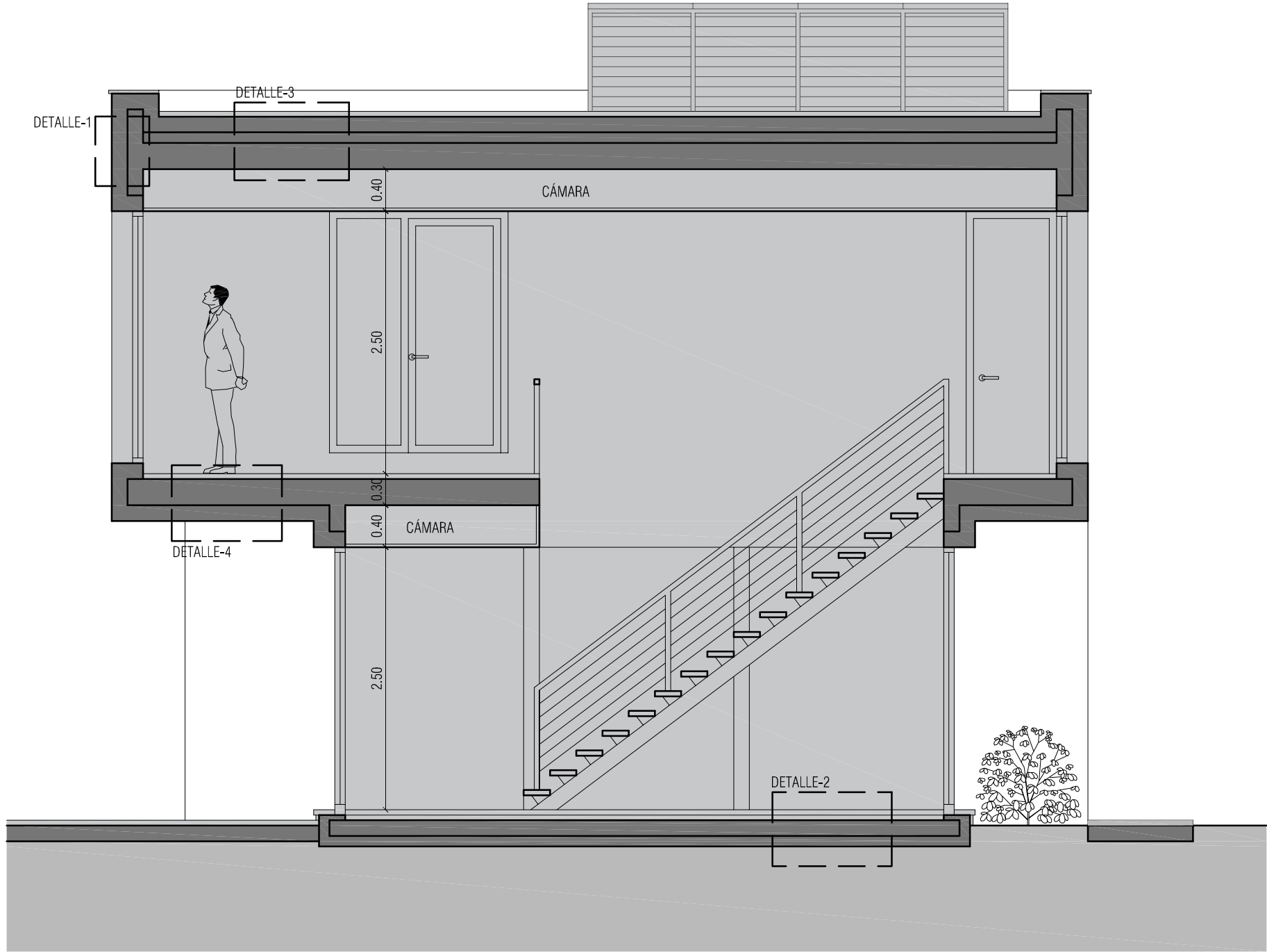
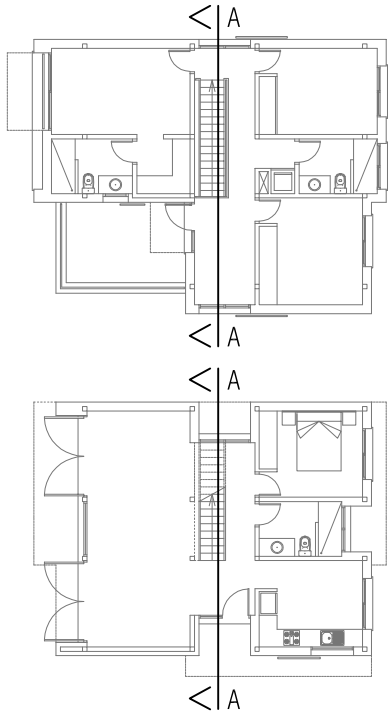
ALZADO OESTE.

FECHA: JUNIO - 2017  
Nº PLANO:

**P-08**

ESCALA: 1:50

 <p>1-Mortero acrílico color blanco. 2-EPS Poliestireno Expandido (0.029W/mK) 10cm 3-Mortero de cemento 1.5cm. 4-Ladrillo hueco 12. 5-Enlucido de yeso. 6-Pintura plástica.</p>	 <p>1-Plaqueta o baldosa de gres. 2-Mortero de cemento 3m. 3-Capa de regularización 1.5cm. 4-Hormigón ligero con arcilla expandida 5cm. 5-Solera hormigón armado 15cm. 6-EPS Poliestireno Expandido (0.029W/mK) 10cm 7-Lámina polietileno alta densidad</p>	 <p>1-Plaqueta o baldosa de gres. 2-Mortero de cemento 4cm. 3-Subcapa fieltro. 4-Lámina impereabilizante. 5-EPS Poliestireno Expandido (0.029W/mK) 15cm 6-Mortero de cemento 1.5cm para regularización. 7-Hormigón de pendientes con arcilla expandida 10cm. 8-Forjado unidireccional 20+5. 9-Guarnecido de yeso. 10-Pintura plástica.</p>	 <p>1-Plaqueta o baldosa de gres. 2-Mortero de cemento 3cm. 3-Capa de regularización de mortero de cemento 1.5cm. 4-Hormigón ligero con arcilla expandida 5cm 5-Forjado unidireccional 20+5. 6-EPS Poliestireno Expandido (0.029W/mK) 10cm 7-Mortero acrílico 1.5cm.</p>
DETALLE-1	DETALLE-2	DETALLE-3	DETALLE-4



**ARQUITECTO:**  
FRANCISCO FERMÍN PRIETO GARCÍA  
FIRMA:

**TFM:**  
ESTUDIO DEL ESTÁNDAR  
PASSIVHAUS, APLICACIÓN Y  
COMPARATIVA CON EL CTE.

**PROYECTO:**  
VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA

UBICACIÓN:  
ALICANTE (ALICANTE)

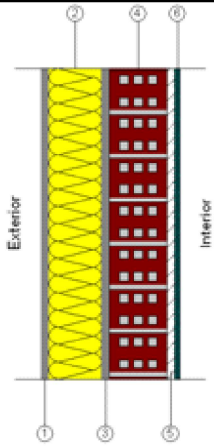
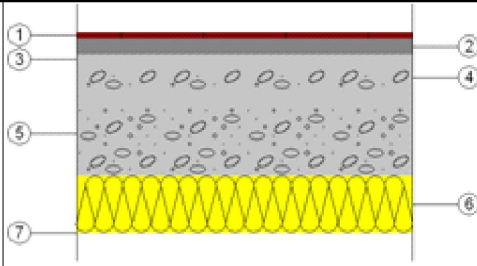
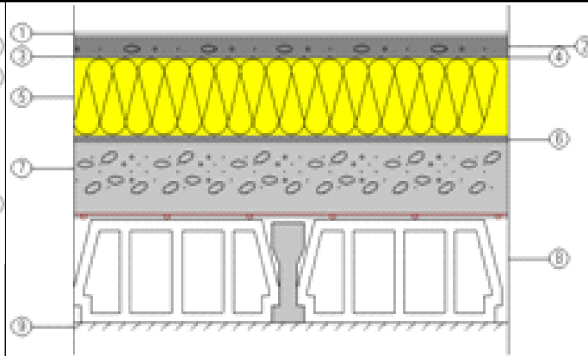
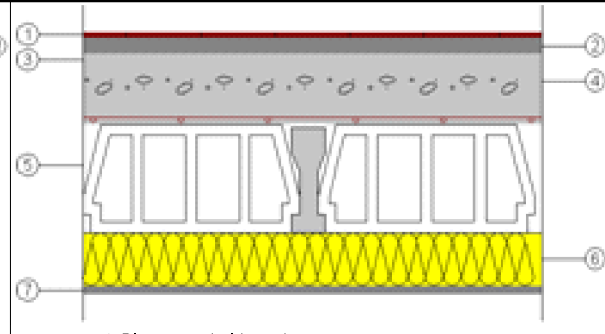
**PLANO:**  
ESTÁNDAR PASSIVHAUS:

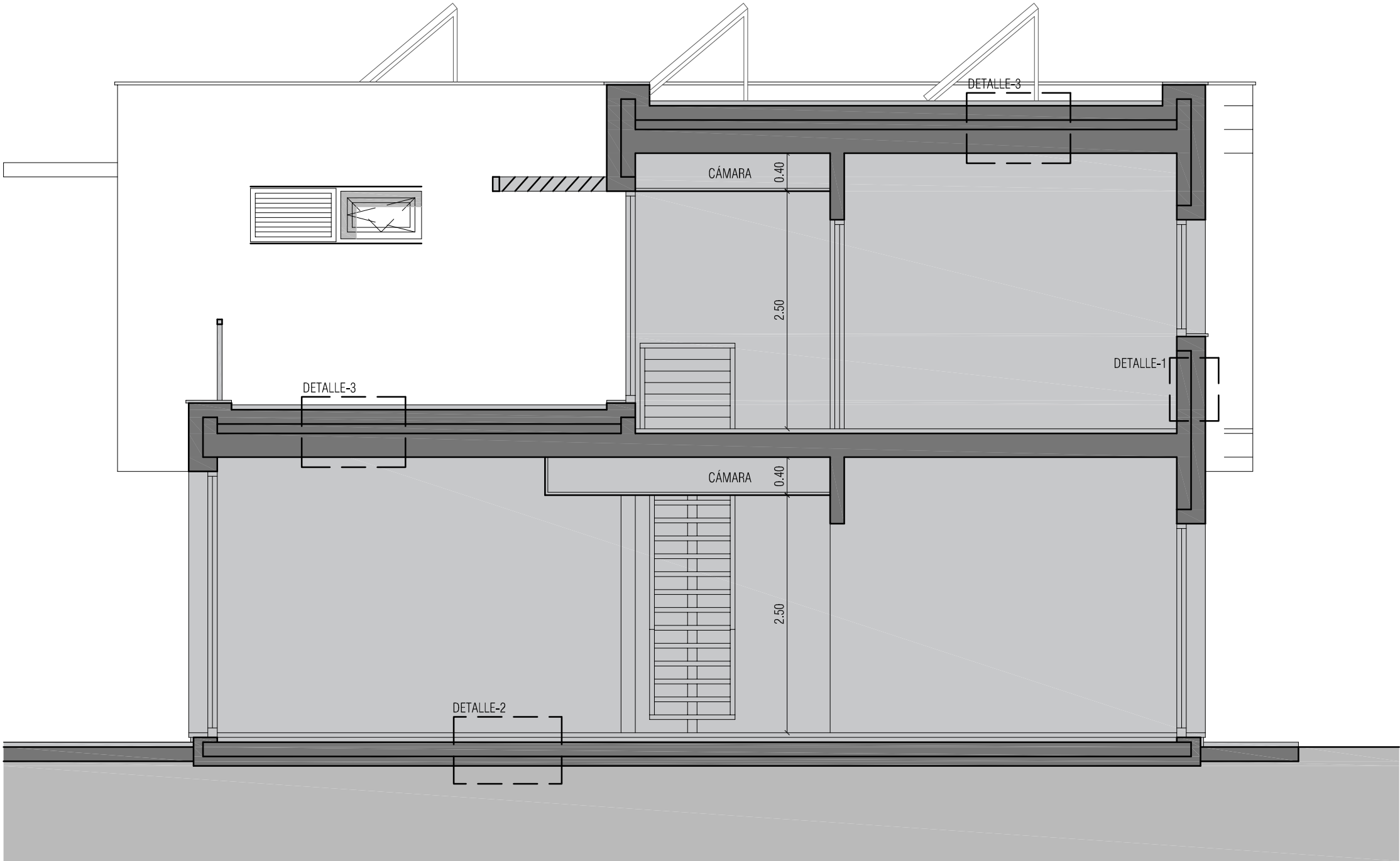
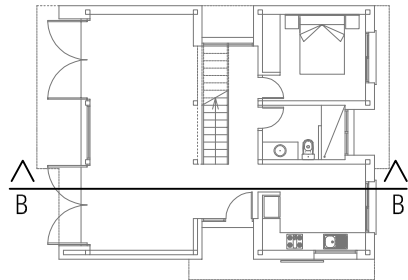
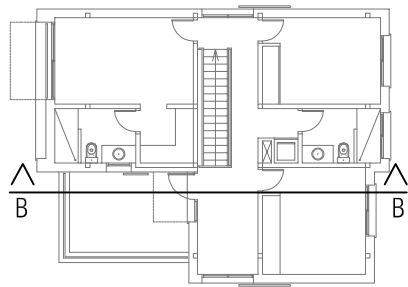
SECCIÓN A-A.

FECHA: JUNIO - 2017  
Nº PLANO:

**P-09**

ESCALA: 1:50

 <p>1-Mortero acrílico color blanco. 2-EPS Poliestireno Expandido (0.029W/mK) 10cm 3-Mortero de cemento 1.5cm. 4-Ladrillo hueco 12. 5-Enlucido de yeso. 6-Pintura plástica.</p>	 <p>1-Plaqueta o baldosa de gres. 2-Mortero de cemento 3m. 3-Capa de regularización 1.5cm. 4-Hormigón ligero con arcilla expandida 5cm. 5-Solera hormigón armado 15cm. 6-EPS Poliestireno Expandido (0.029W/mK) 10cm 7-Lámina polietileno alta densidad</p>	 <p>1-Plaqueta o baldosa de gres. 2-Mortero de cemento 4cm. 3-Subcapa fieltro. 4-Lámina impereabilizante. 5-EPS Poliestireno Expandido (0.029W/mK) 15cm 6-Mortero de cemento 1.5cm para regularización. 7-Hormigón de pendientes con arcilla expandida 10cm. 8-Forjado unidireccional 20+5. 9-Guarnecido de yeso. 10-Pintura plástica.</p>	 <p>1-Plaqueta o baldosa de gres. 2-Mortero de cemento 3cm. 3-Capa de regularización de mortero de cemento 1.5cm. 4-Hormigón ligero con arcilla expandida 5cm 5-Forjado unidireccional 20+5. 6-EPS Poliestireno Expandido (0.029W/mK) 10cm 7-Mortero acrílico 1.5cm.</p>
DETALLE-1	DETALLE-2	DETALLE-3	DETALLE-4



**ARQUITECTO:**  
FRANCISCO FERMÍN PRIETO GARCÍA  
FIRMA:

**TFM:**  
ESTUDIO DEL ESTÁNDAR  
PASSIVHAUS, APLICACIÓN Y  
COMPARATIVA CON EL CTE.

**PROYECTO:**  
VIVIENDA UNIFAMILIAR AISLADA

UBICACIÓN:  
ALICANTE (ALICANTE)

**PLANO:**  
ESTÁNDAR PASSIVHAUS:

SECCIÓN B-B.

FECHA: JUNIO - 2017  
Nº PLANO:

**P-10**

ESCALA: 1:50